

SIILOLAITOKSEN SOVELLUSSUUNNITTELU

Pekka Silvennoinen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2011

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) SILVENNOINEN, Pekka	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 17.11.2011
	Sivumäärä 51	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi SIILOLAITOKSEN SOVELLUSUUNNITTELU		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) RANTAPUSKA, Seppo		
Toimeksiantaja(t) JEEC OY Jarmo Pekkanen		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli Rautaruukin Oyj:n Raahen tuotantolaitoksen masuunin siilolaitoksen perus- ja sovellussuunnittelu MetsoDNA – automaatiojärjestelmällä. Työn tavoitteena oli suunnitella, toteuttaa, testata ja käyttöönottaa raakaraudan valmistukseen liittyvä osaprosessi, siilolaitos. Työn tilaajana toimi automaatio- ja sähkösuunnittelutoimisto JEEC Oy.</p> <p>Perussuunnittelu sisälsi ajotapaneuvottelut loppuasiakkaan kanssa, joiden pohjalta laadittiin toimintakuvaukset html-muodossa. Toimintakuvauksia käytettiin sovellussuunnittelun lähtötietoina, sekä käyttäjien ohjeina automaatiojärjestelmässä. Suunnittelu tehtiin mallikirjastoa hyödyntäen ohjelmavirheiden välttämiseksi sekä suunnittelukustannusten minimoimiseksi. Suunnittelu aloitettiin yksittäisten piirien generoimisella, jonka jälkeen tehtiin vaativimmat toiminnot kuten reseptit, sekvenssit ja operointinäytöt.</p> <p>Useilla koestusvaiheilla, eri alojen edustajilla ja koestuspöytäkirjoin varmistuttiin siitä, että prosessi ja laitteet toimivat halutulla tavalla. Sovelluksen testaus aloitettiin jo suunnitteluvaiheessa suunnittelijan omilla testeillä virtuaaliympäristössä. Varsinainen koestusjakso alkoi tehdastestauksella Tampereella, jossa koko toimitettava järjestelmäkokonaisuus testattiin ennen järjestelmätoimitusta. Työmaalla tehtiin kylmä- ja toiminnalliset koestukset, joilla varmistettiin että johdotukset ja laitteisto oli oikein kytketty sekä ohjelmiston toimivuus vaatimusten mukaisesti. Jokaisesta koestusvaiheesta laadittiin pöytäkirjat koestustilanteen seuraamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyö sisälsi lähes kaikki elementit, joita sovellussuunnittelija työssään kohtaa. Ohjelmiston rakenne on monipuolinen, jopa haastava ja se on tyypillinen esimerkki suunnittelijan työstä. Sovellussuunnitteluosuus oli vaativa koska se sisälsi mm. reseptejä, sekvenssejä, tiedonsiirtoa tehdastietojärjestelmän, turvalogiikan ja MetsoDNA:n välillä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) automaatiosuunnittelu, sovellussuunnittelu, siilolaitos, MetsoDNA		
Muut tiedot Liitteenä esimerkkejä ohjelmakoodista, 26 sivua.		



Author(s) SILVENNOINEN, Pekka	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 17112011
	Pages 51	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title AUTOMATION ENGINEERING OF A STOCK HOUSE		
Degree Programme Automation Engineering		
Tutor(s) RANTAPUSKA, Seppo		
Assigned by JEEC Ltd. Jarmo Pekkanen		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to utilize automation engineering in the design of a stock house for Rautaruukki steel factory in Raahe, Finland. The thesis contains the basic and application engineering with MetsoDNA distributed control system, testing and commissioning. The thesis was assigned by JEEC Ltd, a company that provides automation and electrification design services.</p> <p>The basic engineering consisted of negotiations with the customer and after that functional descriptions were created in html-format. The functional descriptions were used as starting information of the application engineering and later on they were used for user manuals on DCS. Templates were used in engineering to avoid errors in the application and to minimize the engineering costs. The application engineering began by generating loops after which recipes, sequences and displays were made.</p> <p>Different tests were made with several specialists to make sure that the application and equipment were functioning as requested. Application testing was started already at the engineering stage using the designer's own tests with a virtual environment. The first testing period, the factory acceptance test, was held in Tampere where the whole automation system was tested before sending the system to the site. The I/O-check and functional tests were made at the site during the commissioning to ensure that wiring and devices were correctly connected and the process was functioning as requested. Test protocols were used to follow up the progression of the testing in every testing phase.</p> <p>The thesis contains all the elements that an automation designer meets during a project and it is a typical example of a designer's work. The application engineering in this project was demanding because of the recipe handling, sequence controls, data transmission between DCS, factory information system and safety logic.</p>		
Keywords automation engineering, application engineering, stock house, MetsoDNA		
Miscellaneous Examples of the program code attached, 26 pages.		

SISÄLLYSLUETTELO

1	TYÖN LÄHTÖKOHDAT	3
1.1	Yleistä.....	3
1.2	JEEC Oy.....	3
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet	4
1.4	Raudan valmistus masuunissa	4
1.5	Siilolaitos.....	6
1.6	Taustatietoa projektista	7
2	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	7
2.1	Automaatiojärjestelmän rakenne	7
2.2	Suunnitteluympäristö	8
3	PERUSSUUNNITTELU	9
3.1	Suunnittelun lähtötiedot	9
3.2	Toimintakuvaukset	10
3.3	Ajotapaneuvottelut	11
4	SOVELLUSUUNNITTELU	12
4.1	Suunnittelun kulku.....	12
4.2	Sovellusesimerkkejä peruspiireistä	13
4.3	Reseptit.....	14
4.4	Sekvenssit	16
5	KOESTUS.....	19
5.1	Suunnittelun aikainen testaus	20
5.2	Tehdaskoestus (FAT).....	21
5.3	Toiminnallinen testaus	22
5.3.1	Kylmätestaus	22
5.3.2	Kuumatestaus	23

6	YHTEENVETO	23
7	POHDINTA	24

LIITTEET	26
Liite 1. Masuuni 1:n osajärjestelmäkaavio	26
Liite 2. Analogiamittaus.....	27
Liite 3. Painekeytkin (digitaalinen tulo).....	28
Liite 4. Moottoriventtiili (pääpiiri).....	29
Liite 5. Logiikkapiiri (apupiiri)	30
Liite 6. Koksimumskavintturi	33
Liite 7. Taulukkomuotoisen tiedon käsittely	39
Liite 8. Sekvenssi.....	40

KUVIOT

KUVIO 1. Masuuniprosessi	5
KUVIO 2. Siilolaitos (alapanostus)	6
KUVIO 3. Virtuaaliympäristö suunnittelutyöasemassa	9
KUVIO 4. Toimintakuvaus.....	11
KUVIO 5. 2-suuntaisen moottorin operointi	14
KUVIO 6. Reseptin laadinta	15
KUVIO 7. Annosteluvirheen seuranta	16

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Yleistä

Opinnäytetyön aiheena on Rautaruukin Oyj:n Raahen tuotantolaitoksen masuuni 1:n siilolaitoksen perus- ja sovellussuunnittelu MetsoDNA –automaatiojärjestelmällä.

Työn toimeksiantaja on JEEC Oy, joka teki suunnittelun alihankintana järjestelmätoimittaja Metso Automation Oy:lle.

Opinnäytetyö sisältää ajotapaneuvottelut loppuasiakkaan kanssa, joiden pohjalta laaditaan toimintakuvaukset html-muodossa, varsinaisen sovellussuunnittelun, tehdaskoestuksen (FAT), I/O-koestuksen sekä käyttöönoton. Lähtötiedoissa projektin aikataulu on laadittu seuraavasti:

- perussuunnittelu 8.9.2008 -30.1.2009
- toteutussuunnittelu 2.2. – 14.7.2009
- FAT 31.8. -30.10.2009
- kylmäkoestus 19.4. – 14.5.2010

1.2 JEEC Oy

Työn toimeksiantaja on vuonna 2009 perustettu yksityisomisteinen automaatio- ja sähkösuunnittelutoimisto JEEC Oy. Yrityksen ydinosuusalue on automaatio, jota täydennetään sähkö- ja instrumentointisuunnittelulla. Nämä yhdessä mahdollistavat kattavat palvelut teollisuuden automaatioprojekteihin. Automaatiopalvelut kattavat mm. esisuunnittelun, konsultoinnin, perus- ja sovellussuunnittelun, asennusvalvonnan, testauksen ja käyttöönotto- ja koulutuspalvelut.

Toiminnan laadun varmistamiseksi yritys on sertifioitu ISO 9001:2008 – laatujärjestelmällä vuonna 2011. Yritys työllistää 9 henkilöä Jyväskylässä.

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, toteuttaa, testata ja käyttöönottaa raakaraudan valmistukseen liittyvä osaprosessi, siilolaitos. Työ on osa Rautaruukin Raahen terästehtaan masuuni 1:n peruskorjausprojektia. Peruskorjauksessa muutetaan prosessia tulevaisuuden tarpeita vastaaviksi, uusitaan laitteita sekä entiset automaatiojärjestelmät (Allen&Bradley, Alcont ja MetsoDNA) korvataan MetsoDNA (Collection 2008) –järjestelmällä.

Työ sisältää ajotapaneuvottelut, joiden pohjalta laaditaan toimintakuvaukset html -muodossa. Toimintakuvaukset toimivat lähtötietomateriaalina muulle perussuunnittelulle sekä sovellussuunnittelulle. Työn laajuuden vuoksi muu perussuunnittelu (toiminta-, lukitus- ja sekvenssikaaviot) on rajattu pois opinnäytetyöstä aikataulussa pysymisen vuoksi.

Sovellussuunnitteluosuus on vaativa, koska se sisältää mm. reseptejä, sekvenssejä, tiedonsiirtoa tehdastietojärjestelmän, turvalogiikan ja MetsoDNA:n välillä.

Sovellussuunnittelun tavoitteena on saada suunnittelu valmiiksi ennen Tampereella järjestettyä tehdastestausta (FAT).

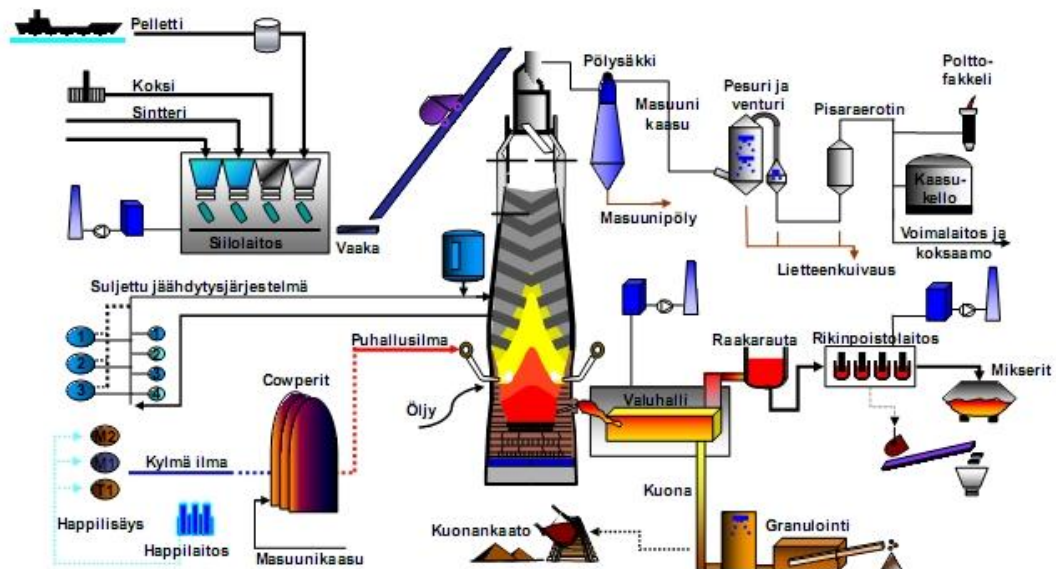
Kylmäkoestuksen ja käyttöönoton tavoitteena on testata kaikki järjestelmään kytketyt signaalit sekä saada prosessi ja sovellus toimimaan annetussa aikataulussa.

Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan hyvä tuntemus MetsoDNA:sta, automaatio suunnittelusta sekä prosessituntemusta.

1.4 Raudan valmistus masuunissa

Rautaa valmistetaan jatkuvatoimisessa kuilu-uunissa, masuunissa (kuvio 1). Rautaraaka-aine panostetaan masuuniin sintterinä ja/tai pellettinä.

Masuuniprosessi



2 08/2010

www.ruukki.com

Ruukki Metals, Production

RUUKKI

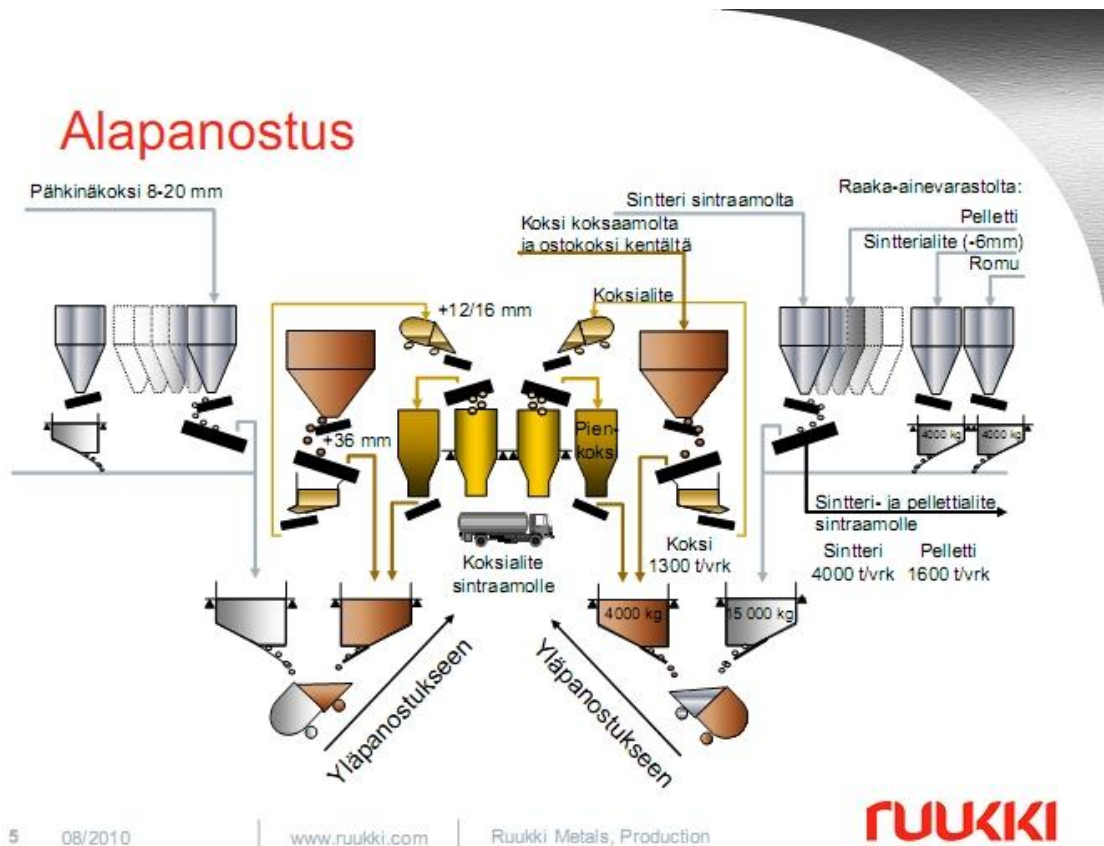
KUVIO 1. Masuuniprosessi

Raudan valmistus perustuu pelkistämiseen eli hapen poistamiseen rautaoksidiesta. Masuunissa pelkistimenä toimivat hiilimonoksidi, vety ja hiili. Pelkistykseen tarvittava hiilimonoksidi ja vety saadaan koksista ja öljystä. Koksen ja öljyn polttamiseen tarvittava ilma esikuumennetaan 1000 – 1300 °C:een esikuumennimissa masuunikaasua polttamalla. Masuuniin panostetaan ylhäältä rautaraaka-aineet ja koksi. Alaosaan puhalletaan hormien kautta esikuumennettua ilmaa, jonka happi polttaa koksen hiilen hiilimonoksidiksi. Kuumat palamiskaasut virtaavat ylöspäin kuumentaa alaspäin vajoavan panoksen ja sulattaa pelkistyneen raudan ja kuonan. Pelkistynyt rauta on aluksi edelleen kiinteässä muodossa. Kun lämpötila on noussut 1450 °C:een, rauta sulaa ja valuu koksikappaleiden lomitse masuunin pesään. Pelkistymisen yhteydessä syntyy myös kuonaa, joka valuu alas pesään. Kuonan oikea koostumus on masuunin toiminnan kannalta tärkeä. Sopivilla lisäaineilla panoksessa säädetään kuonan koostumus sellaiseksi, että sulamislämpötila alenee ja muodostuu herkkäjuoksuinen sula kuona. Rauta ja kuona lasketaan masuunista ulos rautareiän

kautta. Raudanlasku kestää tavallisesti 90 minuuttia. Raudanlaskujen väli on tyypillisesti 30 minuuttia. (Teräskirja 2003, 15-17)

1.5 Siilolaitos

Masuunin panosmateriaalit (sintteri, pelletti, lisäaineet ja koksi) kuljetetaan hihnakuljettimilla siilolaitoksella sijaitseviin siloihin. Materiaalit annostellaan silloista tärysyöttimillä laaditun reseptin mukaisesti punnitustaskuihin, joista ne annostellaan masuunia panostaviin kippoihin (kuvio 2). Kipot kuljettavat panosmateriaalit edelleen masuunin yläosassa olevaan panostuslaitteistoon, jonka kautta rautaraaka-aineet ja koksi panostetaan kerroksittain masuuniin.



KUVIO 2. Siilolaitos (alapanostus)

Panostuslaitteiston kammioon syötetään materiaaleja sekä oikealta että vasemmalta puolelta. Tästä syystä myös siilolaitos on jaettu oikeaan ja vasempaan puoleen.

Rautaraaka-aineilla on yhteensä 16 siloa, 8 siloa molemmilla puolilla. Koksia annostellaan 4:stä sillosta. Pääaineet (sintteri ja pelletti) sekä koksi seulotaan

annosteltaessa, jotta hienoin aines ei tukkisi kuumien palamiskaasujen virtausta masuunissa. Molemmille puolille laaditaan omat reseptit.

1.6 Taustatietoa projektista

Raahen tehtaan masuuni 1 on otettu käyttöön vuonna 1961 ja se peruskorjattiin viimeksi vuonna 1995. Työ on osa laajempaa masuunin peruskorjausprojektia, joka toteutettiin vuonna 2010. Peruskorjauksessa siilolaitokselle tehtiin merkittäviä prosessimuutoksia, joilla valmistauduttiin tuleviin raaka-aine vaihdoksiin. Nykyinen pääraaka-aine, sintteri, korvataan tulevaisuudessa pelletillä. Sintteriä valmistetaan rautamalmista sintraamalla lisäämällä siihen kuonanmuodostukseen tarvittavat lisäaineet. Pelletti sen sijaan ei sisällä lisäaineita, joten ne on lisättävä malmipanokseen siilolaitoksella. Tästä johtuen raaka-ainesilojen määrä kasvoi, jonka takia myös reseptinkäsittely ja annostelusekvenssit suunniteltiin vastaamaan tulevaisuuden tarpeita.

2 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

2.1 Automaatiojärjestelmän rakenne

Raahen tuotantolaitoksen MetsoDNA -automaatiojärjestelmä koostuu 5:stä osajärjestelmästä, jotka ovat: kuljetinjärjestelmä, voimalaitos, happilaitos, masuuni 1 ja masuuni 2. Masuuni 1:n osajärjestelmä (M-järjestelmä) koostuu liitteen 1 mukaisesti mm. 9:stä prosessiasemasta, liityntäasemasta, hälytysasemasta sekä useista operointiasemista. Kenttälaitteet kytketään järjestelmään keskitetyllä MetsoACN I/O:lla (MIO), Profibus PA- ja DP-väylillä. Moottorikeskukset ovat Profibus DP -väylässä.

Prosessin operointi tapahtuu masuunien yhteisestä keskusvalvomosta sekä valuhallin valvomosta. Muut operointiasemat on jaettu huolto- ja sähkötiloihin, joka mahdollistaa kunnossapitohenkilöstön huolto- ja seurantatoimenpiteet tuotantoa häiritsemättä. Siilolaitoksen sovellus tehdään prosessiasemalle MP11.

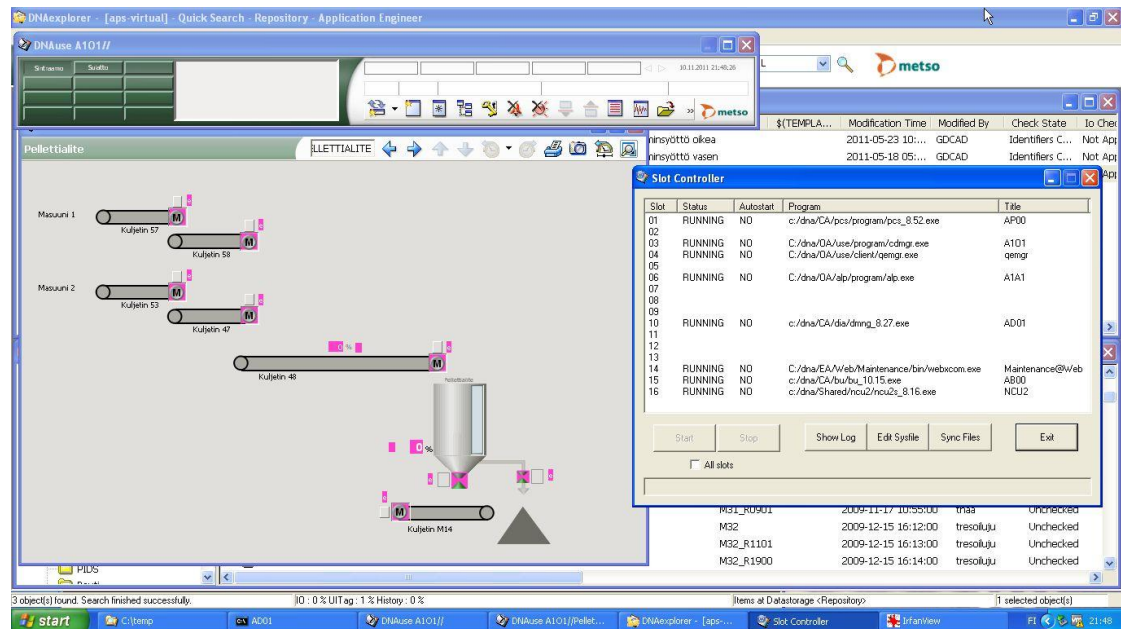
2.2 Suunnitteluympäristö

Suunnitteluympäristö koostuu palvelimesta (EAS), sekä tarvittaessa työasemista (EAC) ja niitä yhdistävästä verkosta. Suunnittelutyö tehdään yleensä työasemilla, joista sovelluspiirit tallennetaan palvelimella olevaan tietokantaan.

Sovellussuunnittelua tehdään MetsoDNA:ssa useilla työkaluilla:

- **DNAexplorer** on keskeinen työkalu, jolla suunnitellaan ja ylläpidetään sovellusta. (DNAexplorerin käyttöohje 2007). Ohjelmalla voi ladata piirejä järjestelmään, lukea parametreja järjestelmästä takaisin ohjelmiin, avata piirejä esim. graafisiin työkaluihin (CAD) tai Excelliin, muokata I/O-tietoja sekä ajaa erilaisia tarkistuksia sovelluksille.
- **FbCAD** –työkalu, jolla suunnitellaan toimilohkokaavioita prosessin säätöön ja ohjauksiin. Toimilohkokaaviot koostuvat konfigurointitoiminnoista, joita ovat mm. prosessiaseman jatkuvat säädöt, I/O –toiminnot sekä positio-, operointi- ja tapahtumatoiminnot. (FbCADin käyttöohje 2007). Ohjelmalla luodut toimilohkot tallennetaan suunnittelupalvelimella (EAS) sijaitsevaan tietokantaan, josta ne voidaan ladata järjestelmään DNAexplorer –työkalulla.
- **SeqCAD** –työkalu, jolla suunnitellaan sekvenssikaavioita. Sekvenssikaaviot koostuvat konfigurointitoiminnoista (sekvenssiohjaukset) sekä positio-, operointi-, askelkuva- ja tapahtumamoduuleista. (SeqCADin käyttöohje 2007). Ohjelmalla luodut sekvenssit tallennetaan palvelimelle samalla tavalla kuin FbCADilla luodut toimilohkot.
- **DNAuseEditor** –työkalulla suunnitellaan valvomon kaavionäyttöjä sekä näytöiltä avattavia monitori-ikkunoita.
- **DNAHelpTool** –työkalulla suunnitellaan lukitusikkunat ja toimintakuvaukset, jotka voidaan avata valvomon operointipääätteeltä. Lukitustiedot ovat dynaamisia eli operaattori voi tarkastella esimerkiksi moottoriin vaikuttavia lukituksia reaaliajassa. Lukitusikkunasta on myös nähtävissä lukituksen aiheuttanut syy, jos lukitus on vaikuttanut laitteen toimintaan. Toimintakuvaukset ovat staattisia eli niissä ei esitetä päivittyvää tietoa.

Suunnittelutyö tehtiin kannettavalla tietokoneella johon oli asennettu suunnittelupalvelin (EAS) sekä virtuaalinen automaatiojärjestelmä (kuvio 3), jolloin sovelluksen koestus oli mahdollista ilman oikeaa järjestelmää ja I/O:ta ennen FAT -koestusta.



KUVIO 3. Virtuaaliympäristö suunnittelutyöasemassa

3 PERUSSUUNNITTELU

Perussuunnittelun lopputulos on molempia osapuolia tyydyttävä sopimus, jonka liitteenä ovat käyttäjävaatimukset ja alustava kelpoisuussuunnitelma. Lisäksi liitteenä on myös toimintakuvaus, jonka pohjalta suunnittelu ja toteutus voidaan suorittaa. (SAS 2001, 40)

3.1 Suunnittelun lähtötiedot

Suunnittelun lähtötietoina käytettiin Rautaruukin laatimia virtauskaavioita ja piiriluetteloa. Toimintakuvaukset laadittiin perussuunnitteluvaiheessa olemassa olevista ohjelmista tulevat prosessimuutokset huomioon ottaen.

Järjestelmätoimittaja Metso Automation laati projektia käsittelevän automaatio-suunnittelua koskevan lähtötietoaineiston yhdessä Rautaruukin kanssa. Lähtötietoaineisto sisältää kaikki automaation perus- ja sovellussuunniteluun

määrittelyt kuten prosessiasemajaon, käytettävät I/O-tyypit, valvomokonseptin, ohjelmiston rakenteen, piirien perustoiminnot ja liitynnät muihin järjestelmiin.

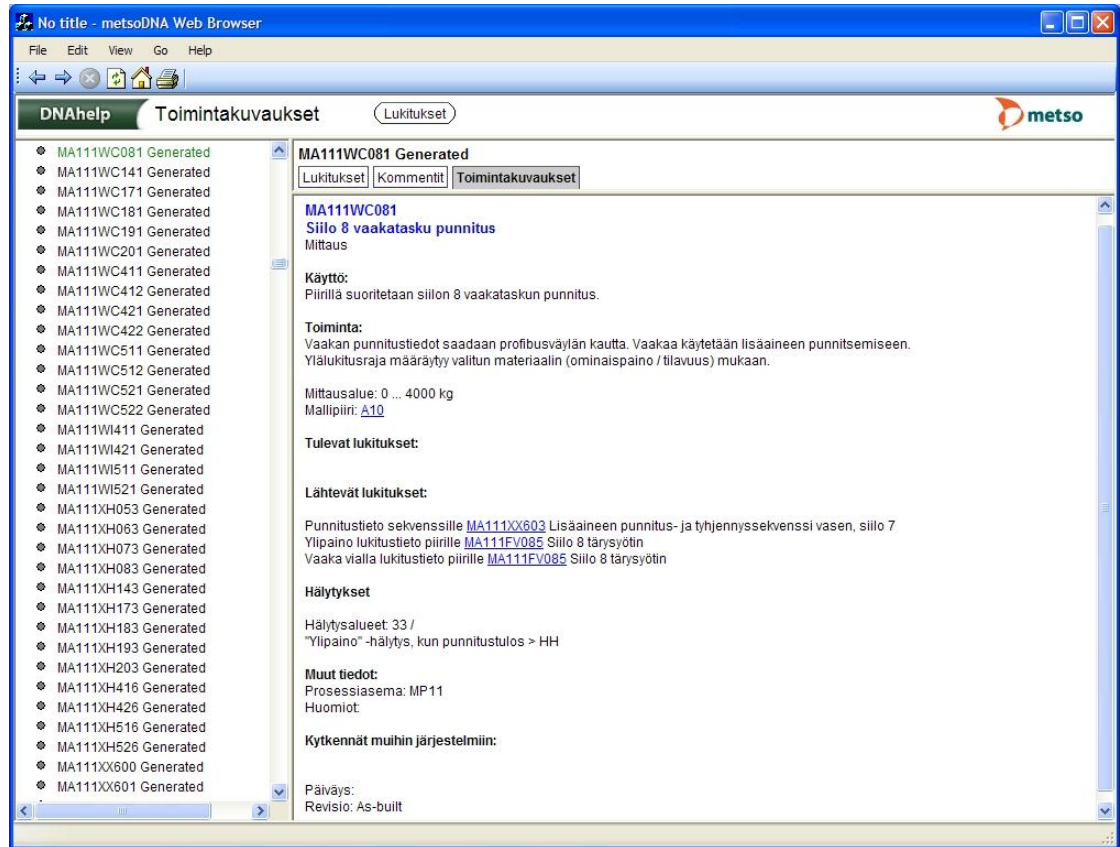
Sovellussuunnittelun pohjana käytettiin perussuunnitteluaineistoa sekä vanhaa sovellusta, josta haluttiin säilyttää operointiin liittyviä ominaisuuksia sekä tehtaalla aiemmin hyväksi havaittuja sovellusmalleja. Toisaalta uudessa sovelluksessa tuli ottaa huomioon uuden automaatiojärjestelmän ja suunnittelun tehokkuuden asettamat vaatimukset kuten suunnittelu mallikirjastoa käyttäen ja dynaamiset lukitusikkunat.

3.2 Toimintakuvaukset

Ennen ajotapaneuvotteluja perehdyttiin olemassa olevaan sovellukseen, josta laadittiin alustavat piirikohtaiset toimintakuvaukset. Toimintakuvaus sisältää:

- Otsikkotiedot (positiotunnus ja piirin nimi)
- Piirin käyttötarkoitus
- Toiminta paikallisajolla, manuaalilla ja automaattilla
- Tulevat lukitukset
- Lähtevät lukitukset
- Hälytykset
- Kytkenät muihin järjestelmiin

Toimintakuvaukset tehtiin html-muodossa, jotta ne voitiin liittää sellaisenaan automaatiojärjestelmän Help-työkaluun (kuvio 4).



KUVIO 4. Toimintakuvaus

3.3 Ajotapaneuvottelut

Varsinaista toteutussuunnittelua edeltää perussuunnittelu, jossa perehdytään prosessin ajotapoihin sekä toimintojen toteutusperiaatteisiin. Ajotapaneuvottelujen merkitys on hyvin suuri, ei pelkästään tietojen saannin kannalta vaan myös siksi, että se on usein ensitapaaminen suunnittelijan ja loppuasiakkaan välillä. Suunnittelutyö ei suinkaan ole pelkkää yksinäistä puurtamista toimistolla, vaan myös sosiaalisia taitoja tarvitaan mm. palaverissa, selvitystyössä ja koestus- ja käyttöönottilanteissa. Ajotapaneuvotteluihin osallistui suunnittelijoiden lisäksi loppuasiakkaan edustajia eri osastoilta kuten operaattoreita, automaation kunnossapitohenkilöstöä ja prosessiasiantuntijoita.

Ajotapaneuvotteluissa selvitettiin tulevat prosessimuutokset sekä niiden aiheuttamat muutokset suunnitteluun kuten automaattisiin toimintoihin, lukituksiin ja kaavionäyttöihin. Prosessimuutosten lisäksi siilolaitokselle tuli merkittäviä ohjelmallisia muutoksia reseptin käsittelyyn sekä sekvensseihin, jotka eivät käy

virtauskaavioista ilmi. Vanhasta sovelluksesta löytyi myös toimintoja, joita käyttäjät eivät edes tiedäneet olevan, koska vanhasta sovelluksesta ei ollut olemassa toimintakuvauksia ja tiettyjä tilanteita esiintyi harvoin.

4 SOVELLUSSUUNNITTELU

4.1 Suunnittelun kulku

Sovellussuunnittelu aloitetaan tekemällä peruspiirit (mittaukset, binääriset tulo- ja lähtöpiirit, venttiilit, säätimet ja moottorit), jotta kytkentäpisteet olisivat valmiina myöhemmässä vaiheessa tehtäville automaattisille toiminnoille, sekvensseille sekä kaavionäytöille. Peruspiirit pyritään tekemään massatyönä mahdollisimman vähällä ajankäytöllä, jotta aikaa säästyisi vaikeampien sovellusten kuten vaativien lukitusten, reseptien ja sekvenssien tekemiseen. MetsoDNA:ssa on erittäin tehokkaat työkalut massatyöskentelyyn, joten peruspiirit voidaan generoida piirilueen avulla jo varhaisessa vaiheessa suunnittelua, vaikka I/O –tietoja ei vielä olisi käytössä. Myös sovelluspiirin toiminnallinen koestus on mahdollista tehdä virtuaaliympäristössä ilman I/O –tietoja. Suunnittelussa hyödynnetään mallikirjastoa, joka koostuu mallipiireistä. Mallipiirissä on parametroitu piirin muuttuvat tiedot (kuten positiotunnus, mitta-alue, hälytystiedot jne.) jotka tuodaan generointitaulukosta. Generoitujen piirien parametreja on mahdollista muuttaa myös generoinnin jälkeen taulukkomuodossa, joten piiriä ei edes tarvitse avata CAD-työkaluilla tällaisten muutosten vuoksi. Mallipiirityöskentely mahdollistaa myös systemaattisten virheiden ja muutosten nopean korjaamisen, koska generoitu piiri sisältää tiedon käytetystä mallipohjasta. Tällöin riittää kun muutokset tehdään vain mallipiiriin ja generoiduille piireille ajetaan päivityskäske hakeakseen tehdyt muutokset. Esimerkiksi digitaalisia tulopiirejä generoitiin 49 kappaletta yhdellä mallipiirillä. Tällä tavalla suunnittelua saadaan tehokkaammaksi sekä ajallisesta, että taloudellisesta näkökulmasta. Mallikirjaston pohjana käytetään Metso Automationin jo aiemmin luomaa peruskirjastoa, jota täydennetään projektikohtaisesti ajotapalavereissa sovittujen toimintojen mukaiseksi.

4.2 Sovellusesimerkkejä peruspiireistä

Liitteessä 2 on esitetty analogiamittaus MIO I/O:lla. Lähettimeltä tuleva mittausviesti on mahdollista irtikytkä esimerkiksi lähettimen vikaantuessa. Tällöin mittaustulos jäädytetään sen hetkiseen arvoonsa ja lähettimeltä tulevat vikatiedot maskataan. Irtikytkennän aikana on mahdollista operoida mittaustulosta valvomon päätteeltä. Liittyvien piirien kautta on myös mahdollista seurata kentältä tulevaa signaalia irtikytkennän aikana. Irtikytketyt signaalit on koottu omalle hälytyssivulle, josta on mahdollisuus seurata mitkä mittaukset ovat irtikytkettynä. Piireissä on myös valmiiksi rajapintaportteja erilaisille raja-arvoille, joita voidaan käyttää muissa sovelluksissa. Mittauksia voidaan liittää myös Profibus PA – väylään. Väylämittauksessa on mahdollista saada enemmän tietoa laitteen tilasta mutta toiminnaltaan ne eivät poikkea tavallisesta mittauksesta.

Liitteen 3 mukainen painekeytkin on tyypillinen esimerkki digitaalisesta tulopiiristä. Piirissä on mahdollista valita parametrilla joko avautuva tai sulkeutuva kosketintyyppi, viiveet kosketintiedolle sekä hälytykselle. Parametrilla on myös mahdollista valita maskaus hälytystiedolle. Esimerkin piirissä painekeytkin hälyttää matalasta paineesta, kun paine on alhainen yli 2 sekunnin ajan ja vähintään toinen hydrauliiikkapumppu on käynyt yli 30 sekuntia.

Venttiili-, moottori-, säätö- ja moottoriventtiilipiirit koostuvat kahdesta erillisestä sovelluspiiristä. Varsinainen ohjaava toimilohko (mgv, pid, mtr, mca) ja I/O:t tehdään 'pääpiirissä' (Liite 4) ja lukitukset sekä muut toiminnot erillisessä logiikkapiirissä (Liite 5). Tällaisella sovellusrakenteella pyritään siihen, että ajon aikana tehtävät muutokset vaikuttaisivat mahdollisimman vähän käynnissä olevaan prosessiin. Esimerkiksi käynnissä olevan moottorin sovelluksen päivittäminen järjestelmään aiheuttaa moottorin pysähdyksen. Kun automaattiset toiminnot ja lukitukset ovat erillisessä sovelluspiirissä, tällaisen logiikkapiirin päivittäminen ei vaikuta prosessin tilaan. Toinen syy on se, että lukitusikkunoiden työkalu (DNAHelpTool) olettaa lukitustietojen löytyvän logiikkapiiristä.

Esimerkkinä peruspiiristä on liitteessä 6 esitetty taajuusmuuttajaohjatun 2-suuntaisen moottoripiirin, koksimumskavintturin ohjaus. Vintturilla siirretään koksini

seulonnassa syntynyttä alitetta siilolaitoksen kellarikerroksesta ylös koksimumurskasiilon.

Moottorin ohjauksesta tuli varsin monimutkainen, koska piirin toiminnassa tuli ottaa huomioon erilaiset ajotavat, nopeusohjeen ja suunnanvaihdon hallinta sekä operoitavuuteen ja ohjelmointiin liittyvä ongelma, sillä MetsoDNAssa ei ole valmista toimilohkoa 2-suuntaiselle moottorille.

Moottoria voidaan ohjata paikallisajokytkimillä kahdesta ohjauskotelosta, manuaalilla operointipäätteeltä tai automaattilla täyttölogiikan ohjaamana. Suunnan valinta tapahtuu taajuusohjeen (0-100 %) etumerkkiä vaihtamalla. Moottoria ajetaan hitaalla ja nopealla nopeudella vintturin sijainnin mukaan. Sijainnin määrittämiseksi radalle on asennettu induktiiviset rajakytkimet molempiin ääripäihin, joihin vintturi pysäytetään sekä hidastusrajat lähelle pysäytyspisteitä, joiden avulla hidastetaan vintturin nopeutta pysäytysrajalle saavuttaessa. Hidastusrajojen välissä käytetään nopeaa nopeutta. Jos sijaintia ei pystytä päättelemään rajatietojen perusteella, esimerkiksi moottoria käynnistettäessä, logiikka käynnistää moottorin hitaalla nopeudella, varmuuden vuoksi. Moottoripiirin normaalista operointi-ikkunasta voidaan käynnistää ja pysäyttää moottori, mutta suunta siitä ei voi valita. Tästä syystä moottoripiirin normaalin operointi on estetty ja näyttöön on tehty suuntapainikkeet, joista moottorin operointi tapahtuu (kuvio 5).



KUVIO 5. 2-suuntaisen moottorin operointi

4.3 Reseptit

Reseptin laadinnan käyttöliittymä haluttiin mahdollisimman selkeäksi (kuvio 6), vaikka reseptisovelluksesta tulikin varsin monimutkainen useiden valintojen ja

tarkistusten johdosta. Annosteltavat kilot ja annostelujärjestys syötetään reseptin laadintasivulta. Operaattorilla on mahdollista laatia 5 malmireseptiä/puoli. Panostussivulla valitaan mikä tai mitkä reseptit (Malmi A... Malmi E) ovat ajossa. Reseptejä voi laatia ajon aikana laadinnan vaikuttamatta valmisteilla olevaan reseptiin. Lisäaineita pystytään annostelemaan yhdenaikaisesti pääaineen annostelun yhteydessä (sekoitus – valinta) kapasiteetin parantamiseksi. Ohitus – valinnalla voidaan lisäainesiloon määrittää pääaine (sintteri tai pelletti), jolloin malmin punnitussekvenssi osaa ottaa ko. siilossa olevaa raaka-ainetta oikea-aikaisesti.

VASEN
Malmipanos

Malmi A	IS1	LA_5	LA_6			13700 kg	7,02 m3
Malmi B	PE1	LA_6	LA_7	LA_8		15666 kg	7,10 m3
Malmi C						0 kg	0,00 m3
Malmi D						0 kg	0,00 m3
Malmi E						0 kg	0,00 m3

Malmi asetusravat

Raaka-aine		1	2	3	Tiheys
Sintteri	IS	10000 kg	5000 kg	0 kg	1900 kg/m3
Pelletti	PE	11500 kg	0 kg	0 kg	2200 kg/m3
152 MAKU2	LA_5	200 kg	sekoit	ei ohi	1200 kg/m3
238 MPBO	LA_6	3500 kg	ei sek	ei ohi	2200 kg/m3
190 TERO	LA_7	432 kg	ei sek	ei ohi	2300 kg/m3
257 KVARP	LA_8	234 kg	sekoit	ei ohi	2600 kg/m3

Kosteuskorjaus 180 kg
 Vakiokorjaus 0,00 %
 Koksin kosteus 0,0 %
 Peruskosteus 1,00 %
 Mittauksien lkm 6
 Vakiokorjaus käytössä

Koksin asetusravat

Koksi	3000 kg	4,35 m3		
Lisäkoksi	2500 kg	3,62 m3	Tiheys	690 kg/m3
Pienkoksi	1500 kg			
Isokoksi pienkoksien sekaarj		Pois		

OIKEA
Malmipanos

Malmi A	IS2	LA_14	LA_18	PE2		11830 kg	5,73 m3
Malmi B	PE1	LA_17	LA_19	LA_20	LA_18	12633 kg	6,21 m3
Malmi C						0 kg	0,00 m3
Malmi D						0 kg	0,00 m3
Malmi E						0 kg	0,00 m3

Malmi asetusravat

Raaka-aine		1	2	3	Tiheys
Sintteri	IS	9700 kg	5000 kg	4000 kg	1900 kg/m3
Pelletti	PE	10500 kg	5500 kg	0 kg	2200 kg/m3
190 TERO	LA_14	450 kg		ei ohi	2300 kg/m3
238 MPBO	LA_17	654 kg	sekoit	ei ohi	2200 kg/m3
238 MPBO	LA_18	880 kg	sekoit	ei ohi	2200 kg/m3
243 MNBRO	LA_19	200 kg	ei sek	ei ohi	2520 kg/m3
2130 PÄHKÖ	LA_20	399 kg	ei sek	ei ohi	600 kg/m3

Kosteuskorjaus 180 kg
 Vakiokorjaus 0,00 %
 Koksin kosteus 0,0 %
 Peruskosteus 1,00 %
 Mittauksien lkm 6
 Hälytys
 Kosteusmittaus käytössä
 Korjaus

Koksin asetusravat

Koksi	3000 kg	6,25 m3		
Lisäkoksi	2500 kg	5,21 m3	Tiheys	480 kg/m3
Pienkoksi	1500 kg			
Isokoksi pienkoksien sekaarj		Pois		

KUVIO 6. Reseptin laadinta

Annostelun aikana syntyy annosteluvirhettä (asetusarvo - annosteltu määrä), joka syntyy erilaisista prosessihäiriöistä sekä ohjelmien kiertonopeuksista.

Annosteluvirheiden korjaamiseksi ohjelma kerää tietoa syntyneestä virheestä (kuvio 7) ja korjaa operaattorin syöttämää asetusrvoa seuraavassa annostelussa. Tällä tavoin pystytään lähempänä tavoite arvoja pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna. Annosteluvirhettä seurataan siilokohtaisesti.



KUVIO 7. Annosteluvirheen seuranta

Katkaisuennakko on parametri joka kertoo kuinka paljon ennen asetusarvon saavuttamista laitteet tulee pysäyttää, jotta annosteluvirhettä ei syntyisi. Koska annosteluvirhettä kuitenkin syntyy, kuten edellä tuli jo todettua, annosteluvirheen ohella korjataan myös katkaisuennakkoa, jotta seuraavilla kerroilla toteutunut määrä olisi lähempänä tavoitetta.

Reseptien sisältämää tietoa pitää pystyä käsittelemään monella eri tavalla, kuten:

- erotella pää- ja lisäaineet toisistaan,
- havaita jos reseptistä poistetaan aineita
- laskea reseptin tilavuus, tiheys ja paino

Yllä olevista syistä reseptien parametrit syötetään taulukoihin, koska taulukoita voi hakea tietoa indeksoidusti erilaisin hakuehdoin. Liitteessä 7 on esitetty kuinka seuraavaksi esiintyvät malmireseptit haetaan ajohetkellä.

4.4 Sekvenssit

Siilolaitosta ajetaan normaalisti sekvenssien ohjaamana. Sekvenssit huolehtivat siitä, että laitteet käynnistyvät ja laskennat tapahtuvat oikealla hetkellä. Sekvenssit koostuvat sekvenssin apupiiristä, sekvenssimoduulista ja askelkohtaisista siirrosehtomoduuleista.

Sekvenssin apumoduulia käytetään sekvenssin hallintaan kuten käynnistämiseen, pysäyttämiseen ja yleisiin askelista riippumattomien toimintojen hallintaan.

Sekvenssimoduulissa tehdään laitteiden ja toimintojen ohjauksia sekä valvomoon välitettävien tietojen käsittelyä kuten toimenpiteet ja siirrosehdot eri askeleissa.

Siirrosehtomoduuleissa on kunkin askeleen siirrosehdot seuraavaan askeleeseen siirtymiselle. Erillisiä siirrosehtomoduuleita käytetään siitä syystä, että siirrosehtomoduulien ohjelmalataukset eivät pysäytä käynnissä olevaa prosessia. Jos siirrosehdot olisivat sekvenssissä, ohjelmalataus pysäyttäisi käynnissä olevan sekvenssin.

Esimerkkinä sekvenssistä on liitteen 8 lisäaineen punnitussekvenssi. Sekvenssillä punnitaan lisäainetta vaakasuppiloon, jonka täyttäminen tapahtuu nopeusohjatulla tärysyöttimellä (hidas/nopea nopeus). Suppilon painoa mitataan vaa'alla ja vaaka tyhjennetään hydraulisen pohjaluukun kautta hihnakuljettimelle, joka kuljettaa lisäaineen malmin punnitustaskuun. Punnitus voidaan käynnistää manuaalilla operointipäätteeltä tai sekvenssi käynnistyy automaattisesti malmin punnitussekvenssin käynnistyessä. Apumoduulissa on käynnistys- ja pysäytysrutiinien lisäksi myös:

- keskeytys – toiminto, jolla operaattori voi ohittaa askeleiden siirrosehtoja tietyissä askeleissa. Toiminto haluttiin, koska laitevikojen johdosta (esim. rajavika) sekvenssi jäisi välille
- annostelumäärän laskenta
- annostelupyynnön nollaus kun pääsekvenssi keskeytetään
- kesä-/talviajo – valinta. Kesäajo valinnalla punnitus käynnistetään heti kun muut alkuehdot ovat tosia. Tällä tavoin säästetään aikaa kun lisäaine on punnittu valmiiksi vaakataskuun pääsekvenssin sitä tarvitessa. Talviajo valinnalla lisäainepunnitus käynnistetään vain jos sitä tarvitaan reseptissä. Talviajo vaikuttaa merkittävästi siilolaitoksen kapasiteettiin, koska kokonaisvalmistusaika pitenee. Valintaa käytetään nimensä mukaisesti vuoden aikojen mukaan materiaalin jäätymisvaaran vuoksi.
- annosteluvirhe, joka lasketaan annostelun päätyttyä asetusarvon ja toteutuneen määrän välisenä erotuksena.
- annosteluennakko, jota käytetään annostelun oikea-aikaiseen pysäyttämiseen. Ohjelmallisista viiveistä, jälkivalumisesta ym. syistä johtuen

annostelu pitää pysäyttää ennen tavoitemäärän saavuttamista annosteluvirheen minimoimiseksi.

Sekvenssin ensimmäisessä askeleessa tutkitaan aloitusehtoja. Seuraavaan askeleeseen siirrytään kun:

- Punnituskielto ei ole päällä (operaattorin asettaa/poistaa punnituskieillon näytöltä) ja
- Punnitusvaa'an mittaus alle HH-rajan ja
- Vaakataskun pohjaluukku on kiinni ja
- Siilolaitos on automaattilla (operaattori asettaa näytöltä)
- Kesäajo valittu tai jos talviajo on valittu niin kyseinen lisäaine valittu ajettavaan reseptiin, asetusarvo suurempi kuin 0 ja pääsekvenssi on edennyt lisäaine – askeleeseen ja
- Lisäaine ei ole ohituksella. (Lisäaineen ollessa ohituksella materiaali annostellaan pohjaluukku auki suoraan hihnakuiljettimelle. Tällöin punnitus tapahtuu malmivaa'alla)

Toisessa askeleessa taarataan vaaka eli vaa'an sen hetkinen arvo otetaan muistiin annostelumäärän laskentaa varten. Tässä askeleessa tehdään myös asetusarvon korjaus eli reseptiin syötettyä tavoitearvoa korjataan edellisen annostelun aikana syntyneellä annosteluvirheellä.

Askeleessa 3 laitteen asetetaan automaattille ja tärysyöttimen nopeusohjeeksi valitaan karkeasyöttönopeus (nopea nopeus).

Karkeasyöttö askeleessa (askel 4) aktivoidaan annostelumäärän laskenta sekä käynnistetään tärysyötin. Karkeasyöttömäärä on prosentuaalinen osuus annosteltavasta määrästä. Karkeasyöttöprosentti on operaattorin näytöltä syöttämä prosenttiluku. Seuraavaan askeleeseen siirrytään kun karkeasyöttömäärä on saavutettu tai operaattori on painanut keskeytys – näppäintä.

Hienosyöttöaskeleessa 5 tärysyöttimen nopeus asetetaan operaattorin asettamalle hienosyöttönopeudelle tarkemman annostelutarkkuuden saavuttamiseksi.

Tärysyöttimelle annetaan pysäytyskäsky kun tavoitemäärästä on annostelematta annosteluennakon verran.

Lopetusaskeleessa 6 tärysyötin pysäytetään ja annostelumäärän laskenta lopetetaan. Askeleeseen voidaan tulla joko normaalisti edellisestä askeleesta tai lopetus – painikkeella muista askeleista. Askeleessa lasketaan syntynyt annosteluvirhe sekä korjataan annosteluennakkoa, mikäli annosteluvirhe on sallituissa rajoissa eikä askeleeseen tultu lopetus – painikkeella.

Askeleessa 7 odotetaan pääsekvenssiltä tyhjennyslupaa. Seuraavaan askeleeseen siirrytään kun tyhjennyslupa on saatu.

Tyhjennysaskeleessa 8 avataan vaakasuppilon pohjaluukku rampilla auki. Rampia käytetään hillitsemään materiaalin virtausta hihnakuuljettimille. Seuraavaan askeleeseen siirrytään vaa'an osoittaessa riittävän alhaista lukemaa.

Askeleessa 9 suljetaan pohjaluukku ja pääsekvenssin lisäaine – tieto nollataan. Tällä tavalla pääsekvenssi saa tiedon siitä, että lisäaine on annosteltu.

5 KOESTUS

Koestusten tarkoituksena havaita puutteet ja virheet eri suunnittelun osa-alueilla (kenttä-, sovellus- ja järjestelmäsuunnittelu), jotka voivat johtua esim. suunnitteluvirheistä, lähtötietojen puutteista, väärin ymmärryksistä tms. Tällaiset virheet saattaisivat aiheuttaa:

- henkilövahinkoja
- aineellisia vahinkoja, kuten laiterikot, jotka pahimmillaan aiheuttavat tuotantokatkoksia
- aikataulujen venymistä testauksessa ja käyttöönotossa

Koestusvaiheissa käytettiin testauspöytäkirjoja, joihin merkittiin testatut piirit. Tällä tavoin pystyttiin seuraamaan koestuksen edistymistä sekä jälkikäteen todentamaan mitä koestettiin, milloin ja kuka koesti. Lisäksi koestukseen osallistui henkilöitä eri aloilta, kuten:

- Tuotannon edustaja. Osaprosessia hoitava operaattori, joka tuntee prosessin ja tietää kuinka sen pitäisi toimia.

- Kunnossapidon edustaja. Automaatio- / sähköasentaja, joka tietää kuinka laitteiden tulee toimia ja kuinka ne kytketään
- Laitetoimittajan edustaja. Osallistuvat koestusvaiheessa, jos toimituksessa on kriittisiä komponentteja tai toimittavat isomman prosessikonaisuuden. Pienemmissä toimituksissa laitetoimittajat osallistuvat toiminnalliseen koestukseen / käyttöönottoon loppuasiakkaan pyynnöstä

Useilla koestusvaiheilla, eri alojen edustajilla ja koestuspöytäkirjoin pystytään varmentamaan se, että prosessi ja laitteet toimivat halutulla tavalla.

Sovelluksen testaaminen alkaa jo sovellussuunnitteluvaiheessa. Tällöin suunnittelija suorittaa testauksen itsenäisesti suunnittelun lähtötietoihin avulla.

Suunnitteluvaiheen jälkeen alkaa varsinainen koestusjakso, joka alkaa tehdaskoestuksella (FAT) ja toiminnallisilla testauksilla. Näihin testauksiin osallistuu suunnittelijan lisäksi myös loppuasiakas sekä mahdollisesti laitetoimittajan edustaja.

5.1 Suunnittelun aikainen testaus

Ensimmäiset testaukset alkoivat jo sovelluspiirejä tehtäessä, jolloin suunnittelutietokantaan tallennettaessa tarkastettiin ohjelmakoodin oikeellisuus (internal check), kuten toimilohkoilla on yksilölliset suoritusjärjestysnumerot, nimet/positiotunnukset ovat sallituissa rajoissa. Ohjelmaa ei myöskään pysty tallentamaan tietokantaan mikäli I/O-tunnus on jo käytössä toisessa piirissä.

Ensimmäisen testausvaiheen jälkeen tehtiin suunnittelutietokannassa ristiviittaustestaus (identifier / external check), jolla tarkastettiin kytkennät piirien välillä. Testaustyökalu antaa yksityiskohtaista tietoa kytkentävirheistä, joten puuttuvat ja virheelliset tiedot on helppo korjata jo suunnitteluvaiheessa.

Näiden testien jälkeen piirit ladattiin virtuaaliympäristöön toimintojen testaamista varten. Virtuaaliympäristö voi sijaita suunnittelupalvelimella (EAS) tai suunnittelijan omalla työasemalla (EAC). Virtuaaliympäristö on eräänlainen ohjelmallinen automaatiojärjestelmä omalla koneella, joka sisältää tarvittavat prosessi-, operointi- ja hälytysasemat. Sovellusta voidaan koestaa kuten oikeassa järjestelmässä ja käyttöliittymäkin on samanlainen kuin valvomossa. Virtuaalitestauksessa

suunnittelija testaa itsenäisesti sovelluksen toimivuutta toimintakuvauksiin verraten. Sovelluspiireistä testattiin operoitavuus, mitta-alueet, hälytykset, lukitukset ja automaattiset toiminnot. Samalla tarkastettiin, että piirit löytyvät ajo- ja hälytysnäytöiltä. Kun piirit, lukitukset ja toiminnot oli testattu, aloitettiin osaprosessien ja sekvenssien testaukset. Tällä tavoin edettiin osakokonaisuus kerrallaan, kunnes tuli aika siirtyä tehdaskoestukseen.

5.2 Tehdaskoestus (FAT)

Testausvaiheen tarkoitus on integraatiotestauksella varmistaa, että ohjelmisto ja laitteisto on koottu oikein sekä osoittaa asiakkaalle, että järjestelmäkokonaisuus toimii määritellyllä tavalla. (Laatu automaatiossa, parhaat käytännöt 2001, 60)

Tehdaskoestus tehtiin järjestelmätoimittaja Metso Automationin tiloissa Tampereella. Tehdaskoestuksessa koko toimitettava järjestelmä koottiin ja kytkettiin samaan verkkoon, jolloin oli mahdollista koestaa sovelluksen ja kytkentöjen toimivuus järjestelmämittakaavassa. Koestuksen aikana testattiin kaikki kytkennät operointipäätteeltä viimeiseen mahdolliseen kytkentäpisteeseen ennen kenttäkaapelointia. Koestetut kytkennät merkittiin koestuslistaan testaajan puumerkillä ja päivämäärällä sekä piirikaavioihin värityksellä. Tällä tavoin säästettiin vianhaku-aikaa varsinaisen I/O-koestuksen aikana. I/O –koestuksessa oli mukana suunnittelijoita sekä asiakkaan kunnossapitohenkilöstöä.

Sovellusta testattiin ryhmissä prosessialueittain. Siilolaitoksen testausryhmä koostui asiakkaan edustajista, kuten kyseistä prosessia hoitavasta operaattorista ja automaation kunnossapidosta vastaavasta henkilöstä, sekä sovellussuunnittelijasta. Koestus aloitettiin testaamalla yksitellen kaikki osaprosessin piirit todeten että ne näkyivät oikeassa paikassa näytöllä, mitta-alueet ja hälytykset olivat oikein sekä lukitukset toimivat oikein. Testauksen tukena olivat piiriluettelo, virtauskaaviot sekä ajotapalavereissa hyväksytyt toimintakuvaukset. Suurena apuna olivat myös asiakkaan prosessiasiantuntijat, joilta saatiin puhelimitse tietoa tulevista prosessimuutoksista ja laitteista. Logiikat ja sekvenssit testattiin kun prosessialueen kaikki piirit olivat testattu edellä kuvatulla tavalla. Testatut piirit, toiminnat ja sekvenssit merkittiin koestuslistaan testaajan puumerkillä ja päivämäärällä.

Tehdaskoestuksessa koestettiin myös järjestelmän toimivuus ja komponentit. Vialliset komponentit vaihdettiin uusiin ja testattiin ennen järjestelmän toimitusta asennuspaikalle.

5.3 Toiminnallinen testaus

Toiminnallisella testauksella tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla varmistetaan lopulliseen käyttöympäristöön asennetun järjestelmän toimivuus kokonaisuutena prosessilaitteiston kanssa. Toiminnallinen testaus voidaan jakaa kylmä- ja kuumetestaukseen. Niitä seuraa asiakkaan suorittama hyväksymistestaus. Vaihe päättyy järjestelmän luovuttamiseen asiakkaalle. (SAS 2001, 17)

5.3.1 Kylmätestaus

Kylmätestauksella tarkoitetaan I/O-koestusta sekä toiminnallista testausta ilman prosessin raaka-aineita. Kylmätestaus alkoi I/O-koestuksella, joka eteni asennustilanteen mukaan. Seisokkiajan lyhentämiseksi I/O-koestusta tehtiin samanaikaisesti asennusten kanssa, joten koestus eteni kytkentöjen valmistumisen myötä ennalta laaditun testaussuunnitelman mukaisesti. Koestukseen osallistui automaatio suunnittelija (operointipäätteellä) ja sähkö-/automaatioasentaja (kentällä). I/O-koestuksessa kaikki piirit koestettiin kenttälaitteelta näytölle asti. Testauksen aikana esiin tulleet kaapelointi-, kytkentä- ja laitemuutokset merkattiin piirikaavioihin ns. punakynäversioiksi, jotta muutokset tulisivat tehdyksi myös luovutettaviin loppudokumentteihin (AS BUILT).

Toiminnallinen testaus alkoi kun kaikki piirit oli I/O-koestettu. Tällöin kaikkia laitteita testattiin logiikoiden ja sekvenssien ohjaamana. Testaukset alkoivat moottorien pyöryksillä sekä hydraulikkayksikköjen testauksilla, koska hydraulikkaa tarvittiin myöhemmin muiden laitteiden ohjaamiseen. Siilolaitoksen silloissa ei kuitenkaan ollut vielä raaka-aineita tässä vaiheessa, joten vaakapiireille jouduttiin vielä tekemään simulointipiirit kylmäkoestusta varten jotta prosessia pystyttiin testaamaan. Toiminnallinen testaus tehtiin yhdessä operaattorien kanssa, joten koestus toimi myös koulutuksena käyttäjille.

5.3.2 Kuumatestausta

Kuumatestausta tavoite on todeta prosessin ja automaatiojärjestelmän toimivuus kokonaisuutena todellisissa olosuhteissa. Prosessiin otetaan todelliset prosessiaineet ja se 'ajetaan ylös'. (SAS 2001, 75)

Siilolaitoksen kuumatestausta vaihe kesti reilun vuorokauden (30 h), jonka aikana masuuniin panostettiin noin 100 t koksia ja malmia ennen masuunin varsinaista käynnistämistä. Tämä vaihe oli enemmänkin prosessin tarkkaa valvomista, kuin testausta. Käyttöönottoa seurasi parin viikon mittainen päivystys, jonka aikana varmistettiin prosessin toimivuus sekä optimoitiin prosessia (ennakoiden ja asetusarvojen virittelyä).

Ylösajon ja tuotannollisten koeajojen aikana ilmenee usein sellaisia prosessista aiheutuvia tekijöitä, joita pitää muuttaa vielä normaalin tuotannon aikana. Tämän vuoksi suunnittelijan työ ei suinkaan lopu laitokseen ylösajoon, vaan jatkuu vielä viikkoja tai kuukausia sen jälkeen.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön kohteena oleva projekti sisälsi lähes kaikki ne elementit, joita sovellussuunnittelija työssään kohtaa. Ohjelmiston rakenne on hyvin monipuolinen, jopa haastava, koska se sisälsi paitsi tavanomaiset ohjaukset, myös sekvenssit, reseptit, taulukoiden käsittelyn, väyläohjaukset sekä liittynät muihin järjestelmiin. Projektin aikana koettiin myös haasteita muuttuneiden lähtötietojen johdosta. Mallikirjastoa hyödyntäen voidaan sovellusta tehdä kustannustehokkaasti sekä muutokset ovat helpommin hallittavissa, koska muutoksia ei tarvitse tehdä jokaiseen piiriin erikseen.

Testaamiseen osallistui useita asiantuntijoita eri aloita. Näin varmistuttiin siitä, että prosessi ja laitteet toimivat halutulla tavalla. Testauksen merkitys korostuu tällaisissa uusintaprojekteissa, koska tuotantoseisokin aikana tehdään purku- ja asennustöitä tiiviissä tahdissa. Lopulta laitos kuitenkin käynnistyi suunnitellussa aikataulussa, joten työlle asetetut tavoitteet saavutettiin.

7 POHDINTA

Projektin jälkeen prosessiin ja sovellukseen on tehty muutoksia, johtuen tarpeista, joita ei projektin aikana osattu huomioida. Esimerkiksi resepteihin pitää pystyä valitsemaan enemmän materiaaleja kuin alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarve. Ongelmia aiheutui myös talvella siilojen reunamille jäätyneestä materiaalista, jonka johdosta osaan siiloista jouduttiin lisäämään täryttimiä. Tällaiset muutokset vaativat suuria muutoksia, jotka ovat hankalia testata ja toteuttaa tuotannon ollessa käynnissä. Edellä mainituista syistä johtuen sovellusta pyritään tekemään sellaiseksi, että tulevaisuuden muutostarpeet olisivat mahdollisimman helposti toteutettavissa.

Nykyaikana sovelluksen määrä kasvaa huimaa vauhtia vaikka automaatioasteessa sitä ei juuri huomaa. Määrän kasvu johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että informaatiota tuodaan käyttäjille yhä enemmän, kuten laitteista saatavat tila- ja vikatiedot, toimintakuvaukset, päivittyvät lukitustiedot ym. Nämä kaikki lisäävät sovelluksen määrää, joka kaikesta huolimatta on käsityötä. Samanaikaisesti projektien läpivientiaika lyhenee. Tämä taasen aiheuttaa sen, että projektien aikana tehtävät mekaaniset ym. muutokset vaikuttavat myös automaation lähtötietoihin. Lähtötietomuutokset aiheuttavat puolestaan aiheuttavat merkittäviä muutoksia tehtyyn sovellukseen. Toisaalta pitää huolehtia projektin taloudellisesta puolesta, jotta projektin kustannukset eivät kasvaisi liian suureksi. Automaatio on kuitenkin projektiketjussa se viimeinen ja usein käy niin että aikatauluihin nämä ketjussa aiemmin tehdyt muutokset eivät vaikuta. Näistä syistä sovellussuunnittelijalta vaaditaan sinnikkyyttä ja pitkäjänteisyyttä yhä enemmän.

LÄHTEET

Metallinjalostajat ry. 2003. Teräskirja. 15-17. Helsinki

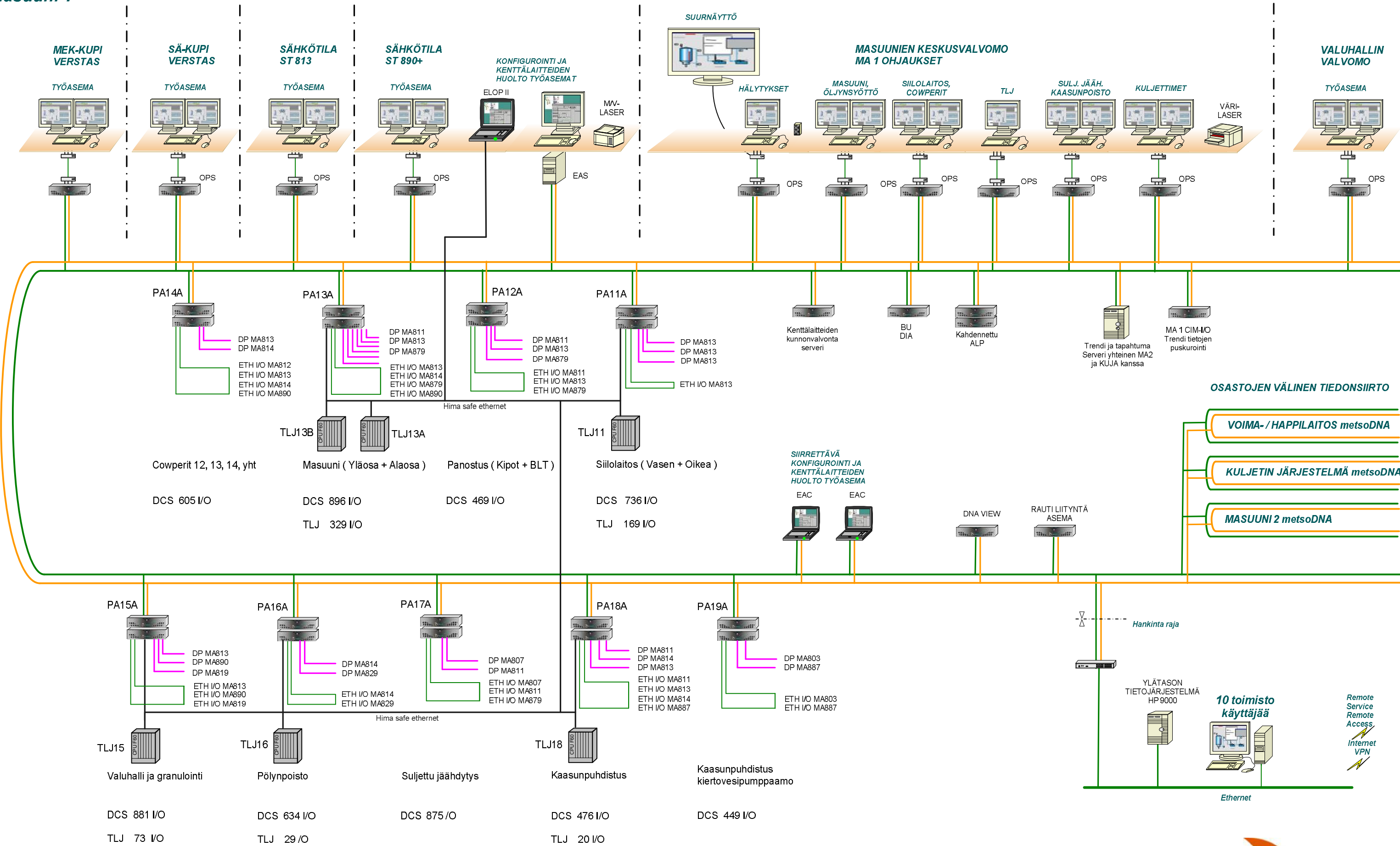
MetsoDNA CR Manuals Collection 2007 Fi V.10.1 build 1, DNAexplorerin käyttöohje.
Sähköiset manuaalit. Metso Automation Oy. Tampere

MetsoDNA CR Manuals Collection 2007 Fi V.10.1 build 1, FbCADin käyttöohje.
Sähköiset manuaalit. Metso Automation Oy. Tampere

MetsoDNA CR Manuals Collection 2007 Fi V.10.1 build 1, SeqCADin käyttöohje.
Sähköiset manuaalit. Metso Automation Oy. Tampere

SAS. 2001. Laatu automaatioissa. Parhaat käytännöt. 17, 40 ja 75. Suomen
Automaatioseura ry.

Masuuni 1



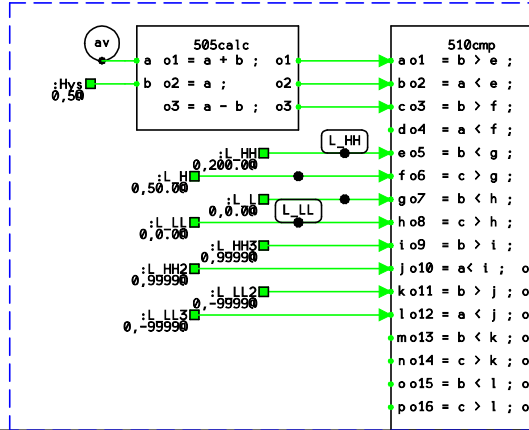
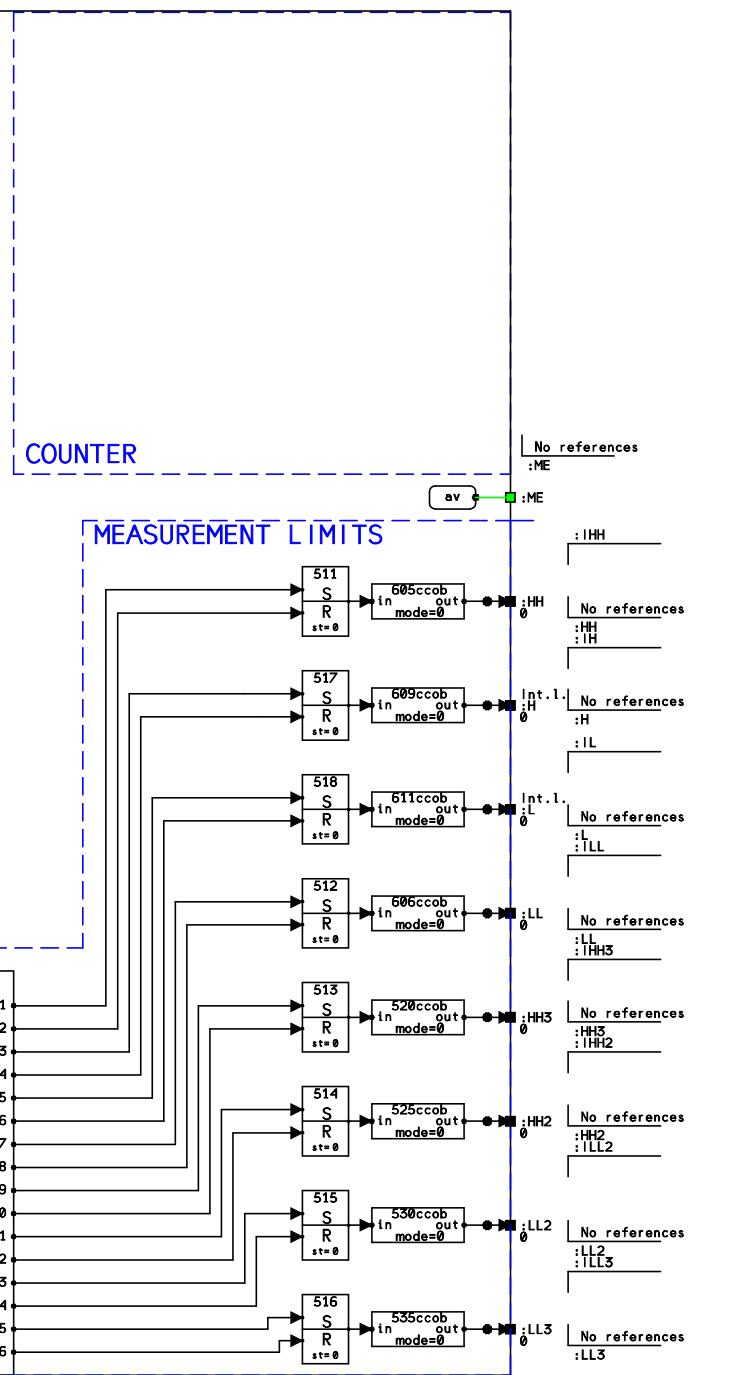
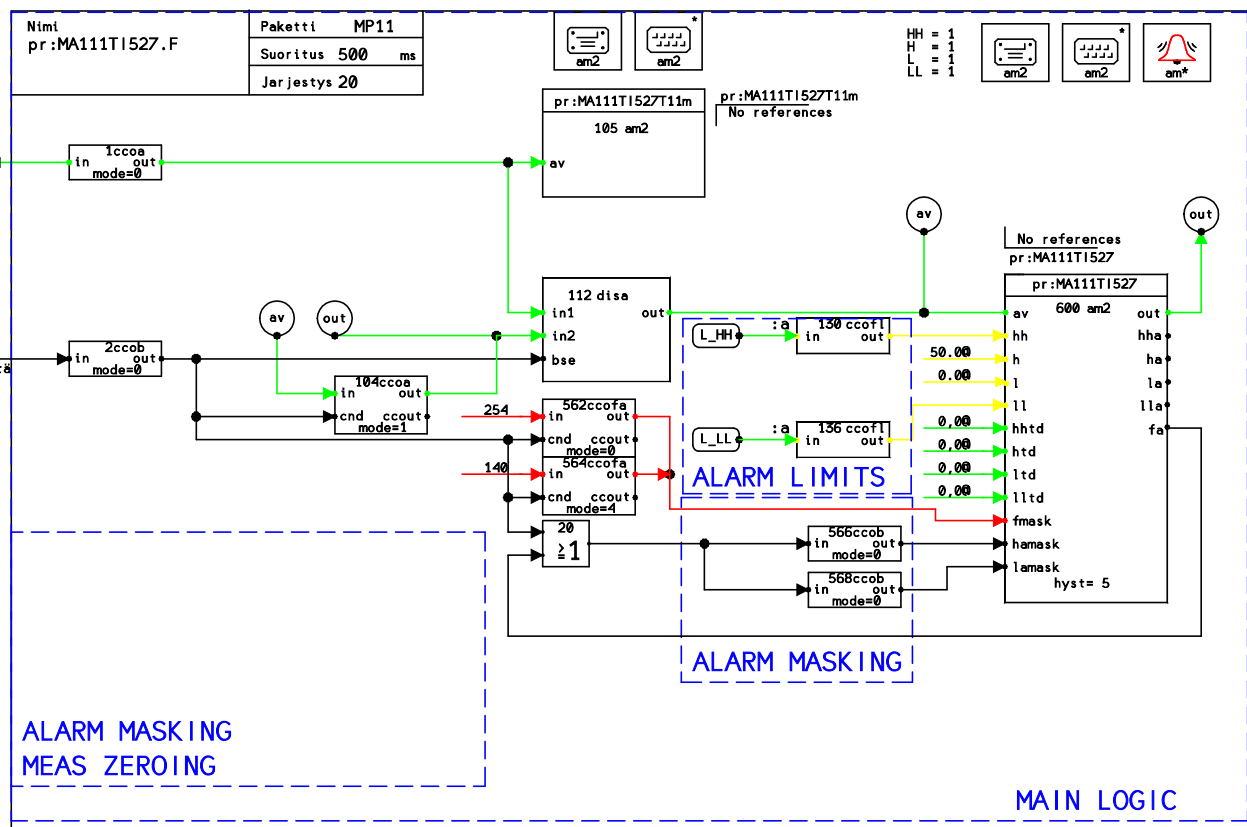
Lite 1. Masuuni 1:n osajärjestelmäkaavio

Liite 2. Analogimittaus

MIO	A18H
pr:MA111T1527T11.l	
Address	2 : 0 : 0 : 7
Measurement	:m
Scale and unit	0-500 °C

bin	bin	bin
-----	-----	-----

pr:MA111T1527IR	Mittauksen irtikytkentä	0
pr:MA111T1527IR	No references	



Design Members:
A10IK_FB

Application version: TRESLIB 1.0 Module version: 1.4

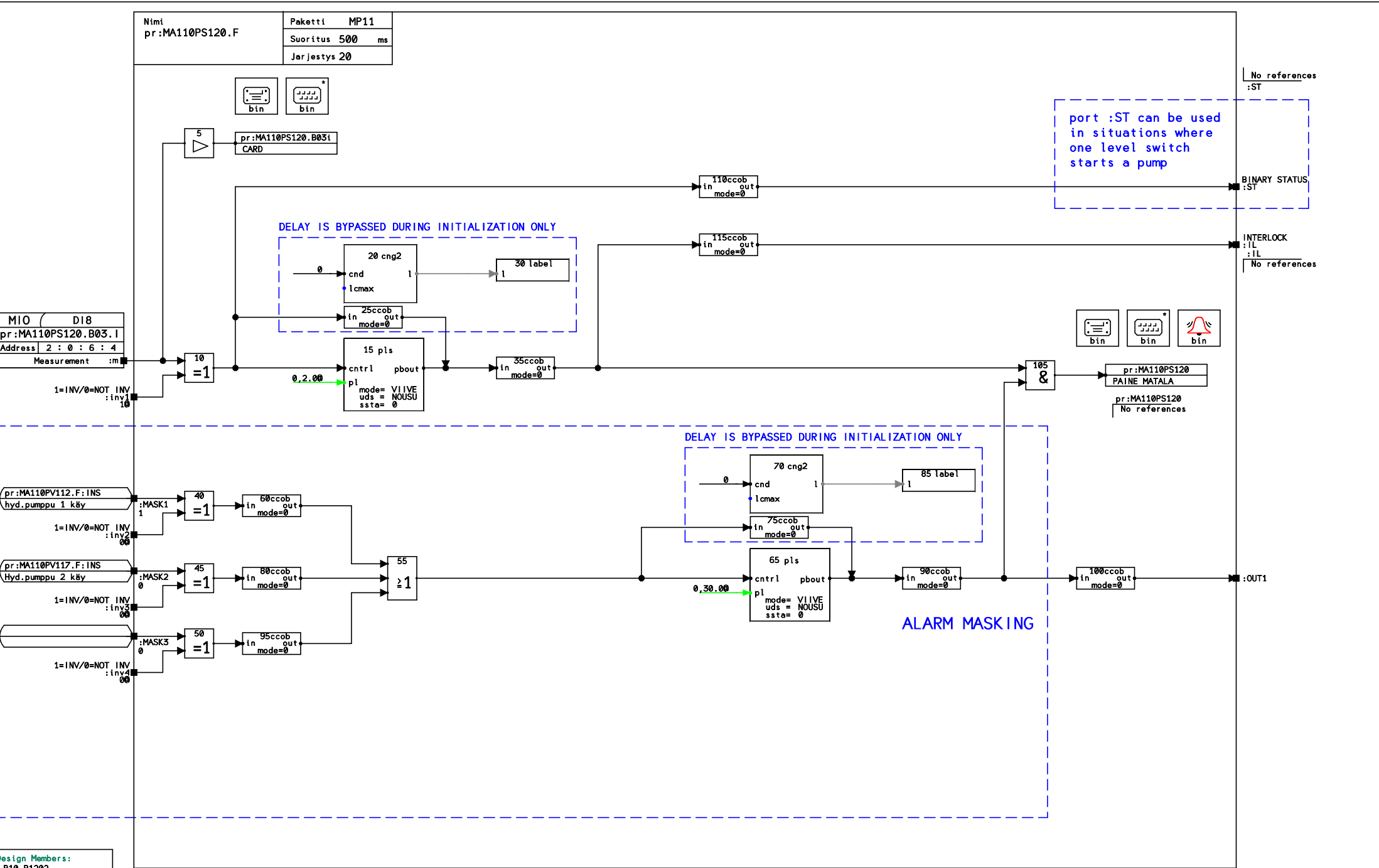
Planner	97-04-04 13:33	A10IK_FB	Customer
Modification	10-07-14 15:58	saik	

Department	Masuuni 1 Siilolaitos
------------	--------------------------

Tag	MA111T1527
-----	------------

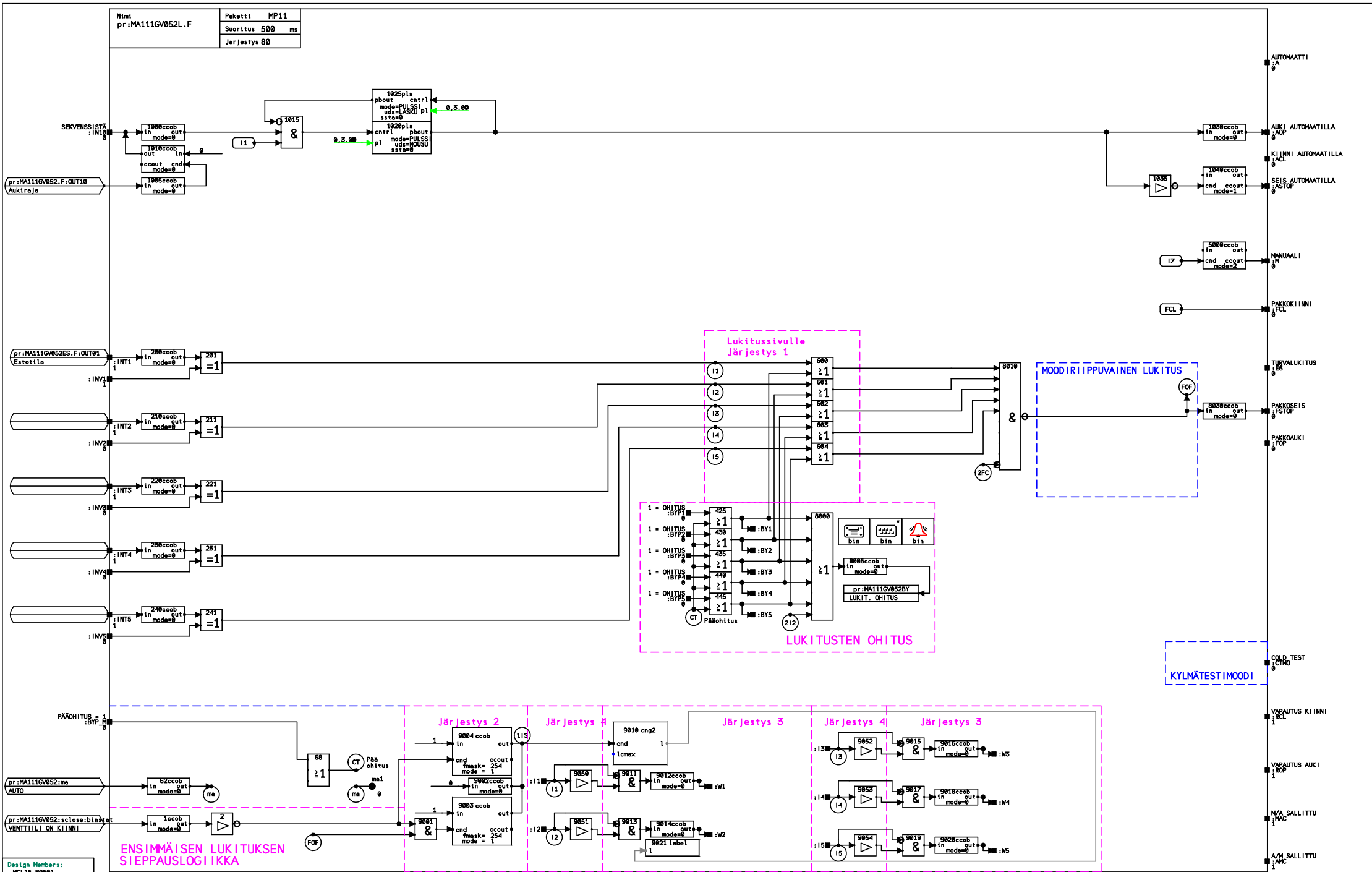
Loop name	Malmivaaka oikea materiaalin lämpötila
-----------	---

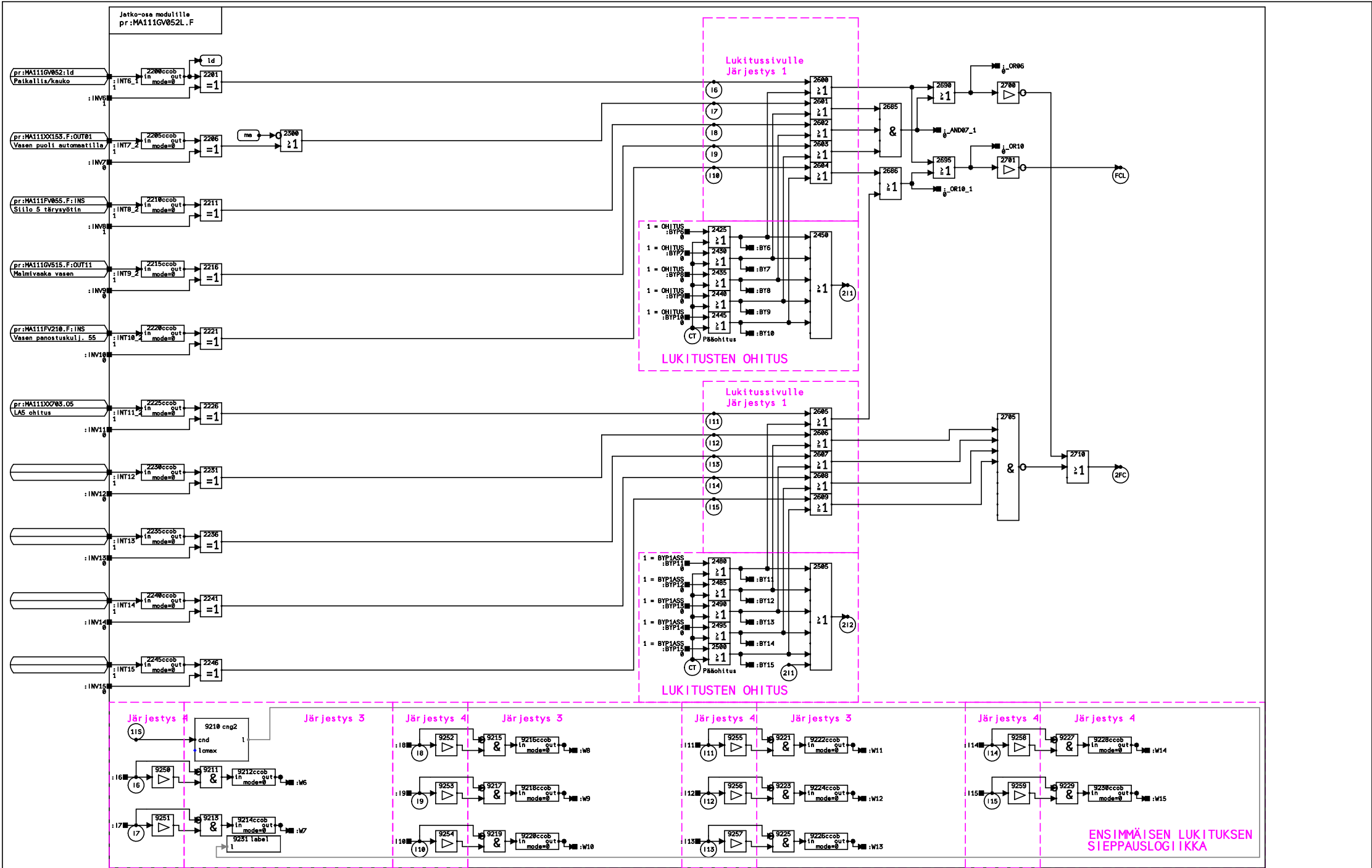
Liite 3. Painekytkin (digitaalinen tulo)

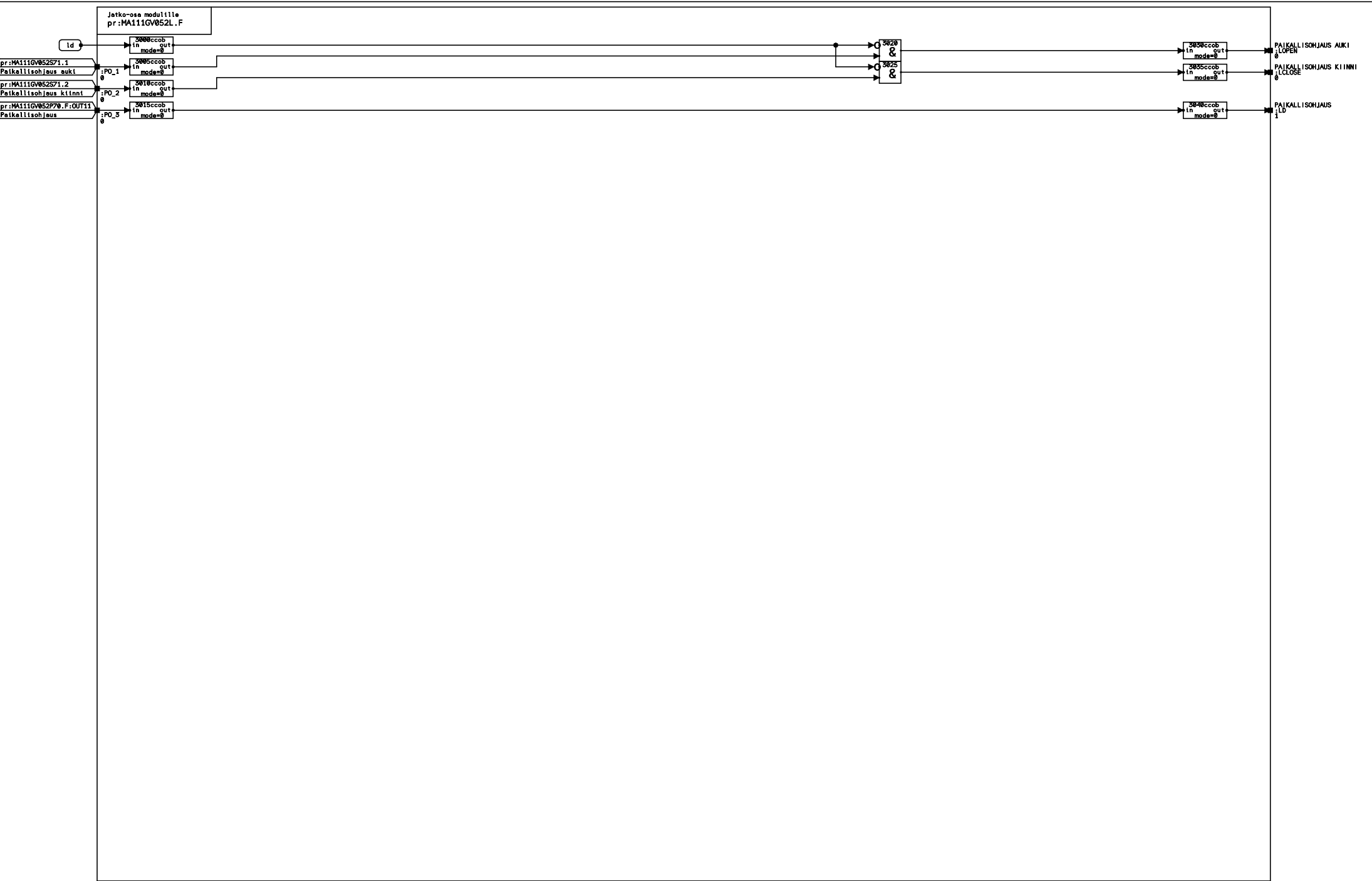


Design Members: B10_R1202
 Application version: TRESLIB 1.0 Module version: 1.3

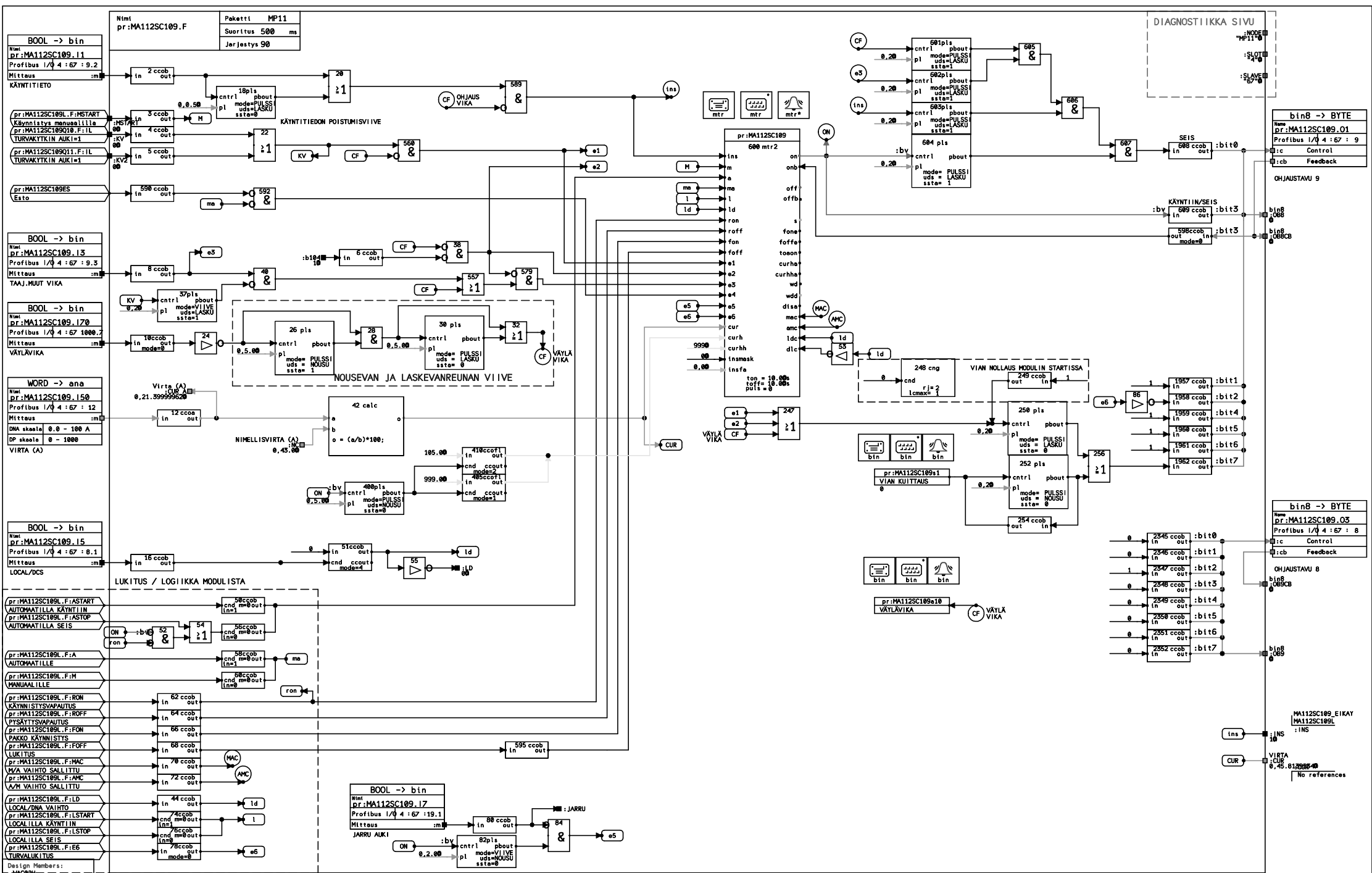
Liite 5. Logiikkapiiri (moottoriventtiin apupiiri) sivu 1/3



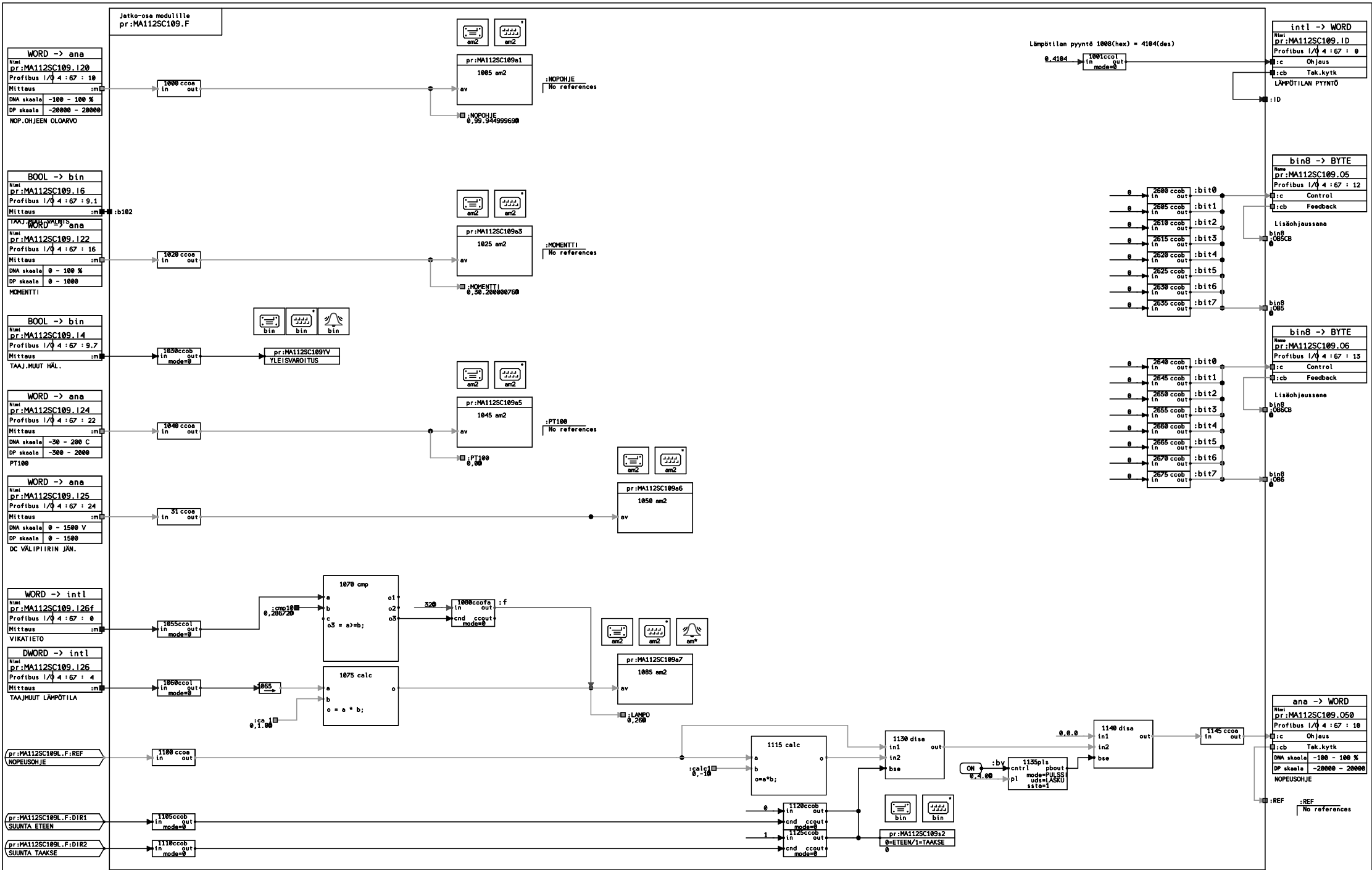


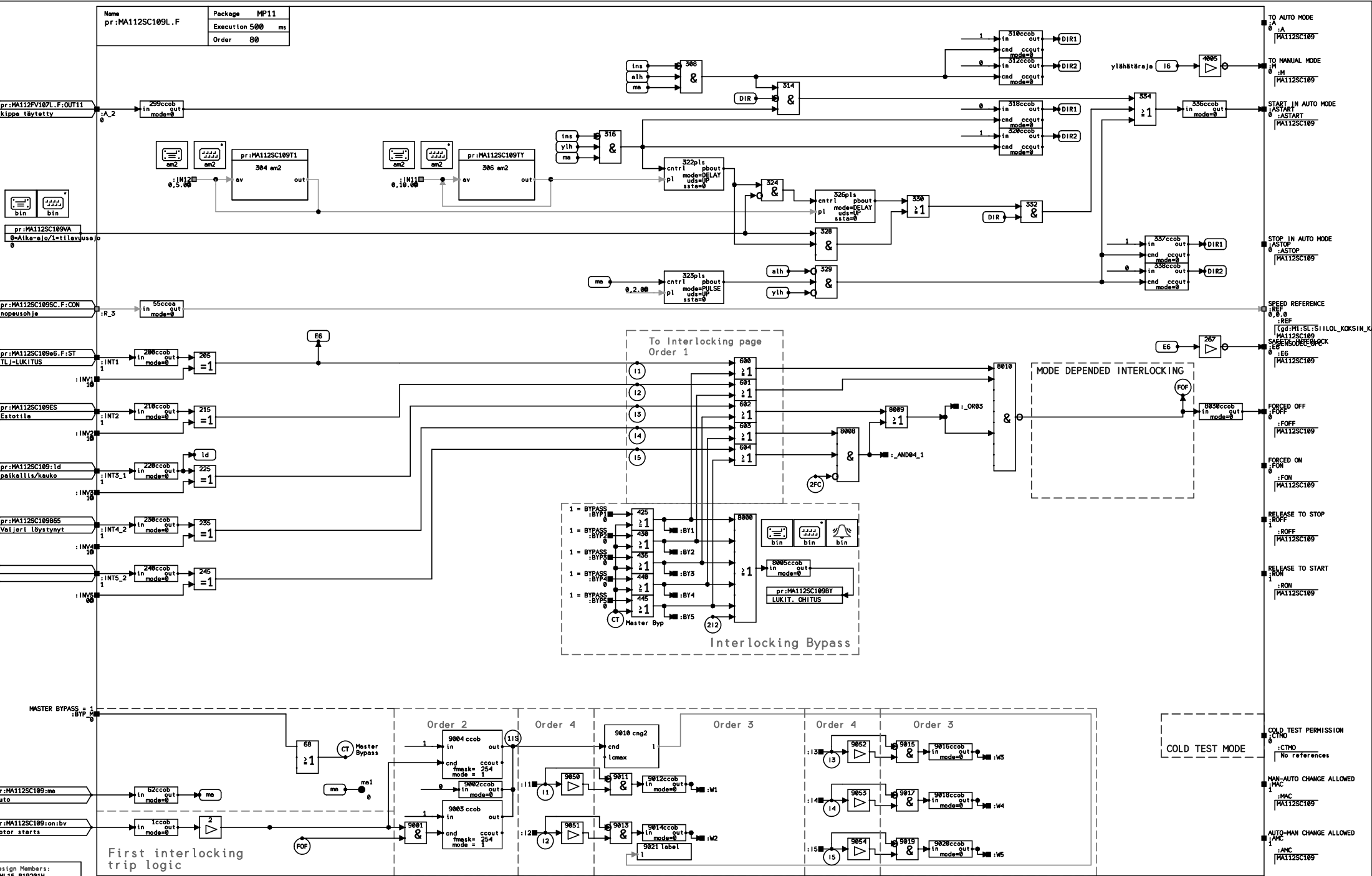


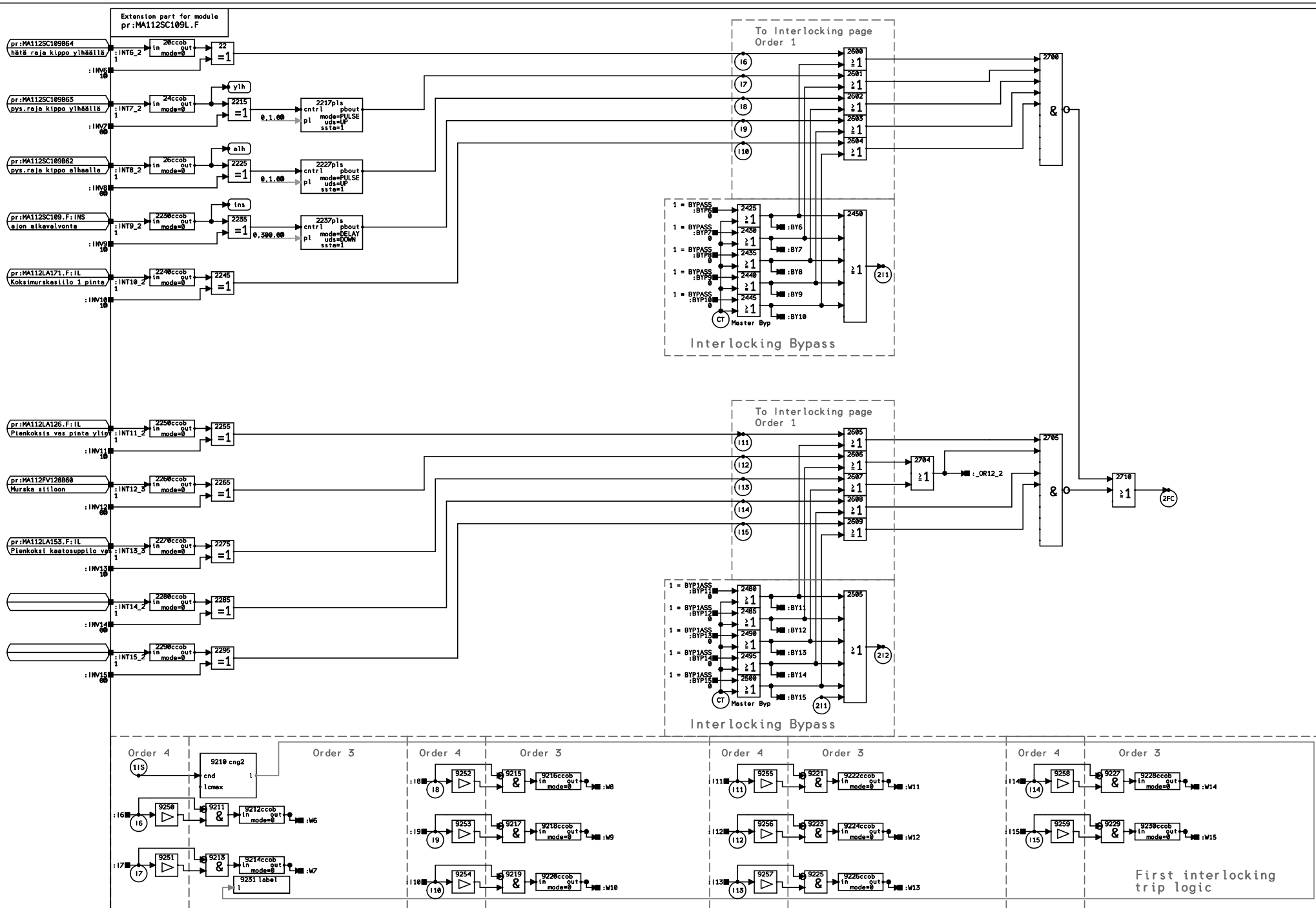
Liite 6. Koksimumskavintturi (sivu 1/6)



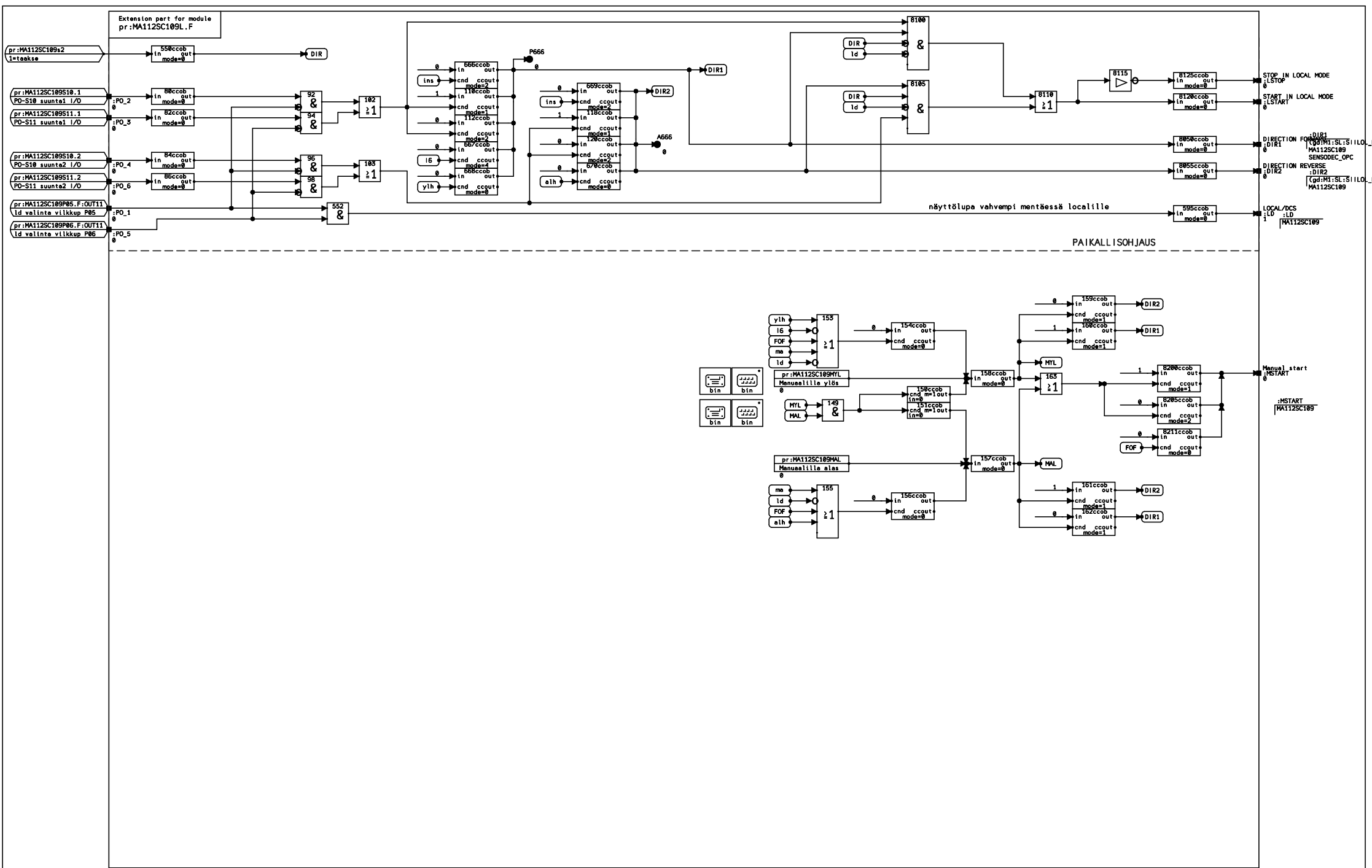
Liite 6. Koksimumskavintturi (sivu 2/6)



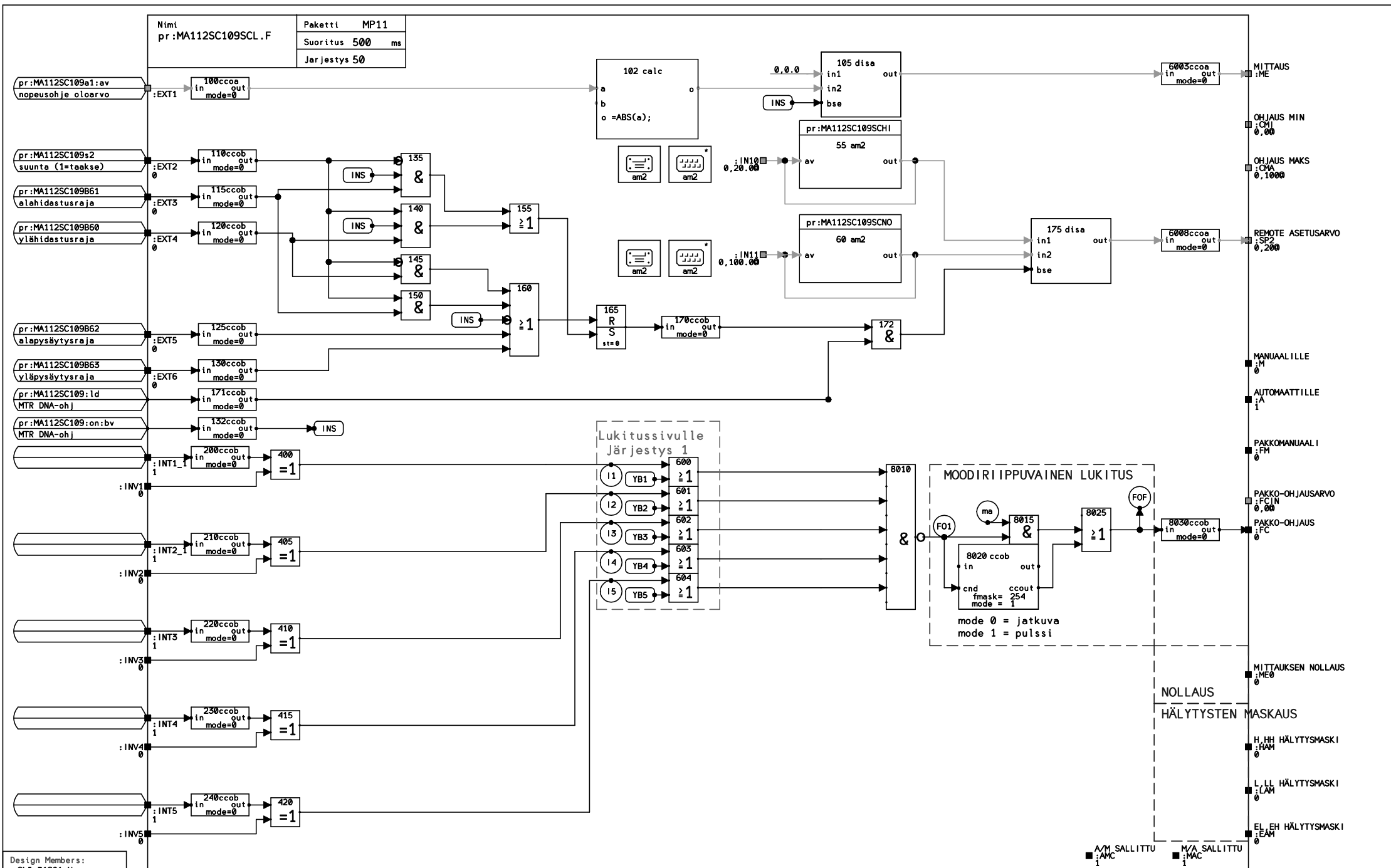




Liite 6. Koksimurskavintturi (sivu 5/6)



Liite 6. Koksimumskavintturi (sivu 6/6)



Design Members:
CLS_R1901_H

Application version: TRESLIB 1.0 Module version: 1.0



Suunn. 97-04-04 13:33
Muutos 10-08-24 14:44

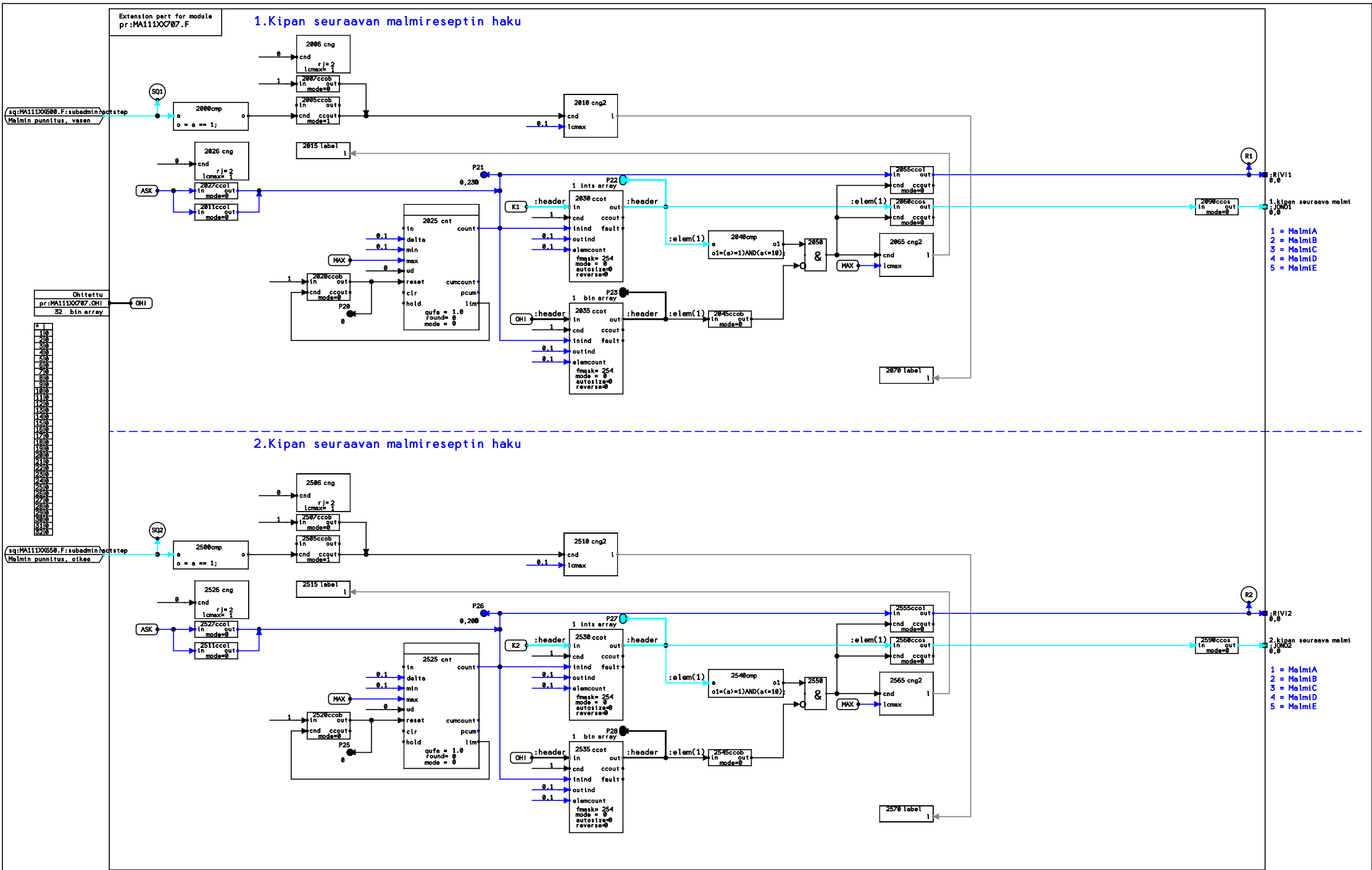
CL5_R1901_H
Asiakas dna

Osasto Masuuni 1
Siilolaitos

Positio MA112SC109SCL

Nimitys Koksimumskavintturi vasen

Liite 7. Taulukkomuotoisen tiedon käsittely



sq:MA11100600.F:subadmin/step
Malmi/punnitus_vesen

Ohitettu pr:MA11100707.OHI
32 bin array

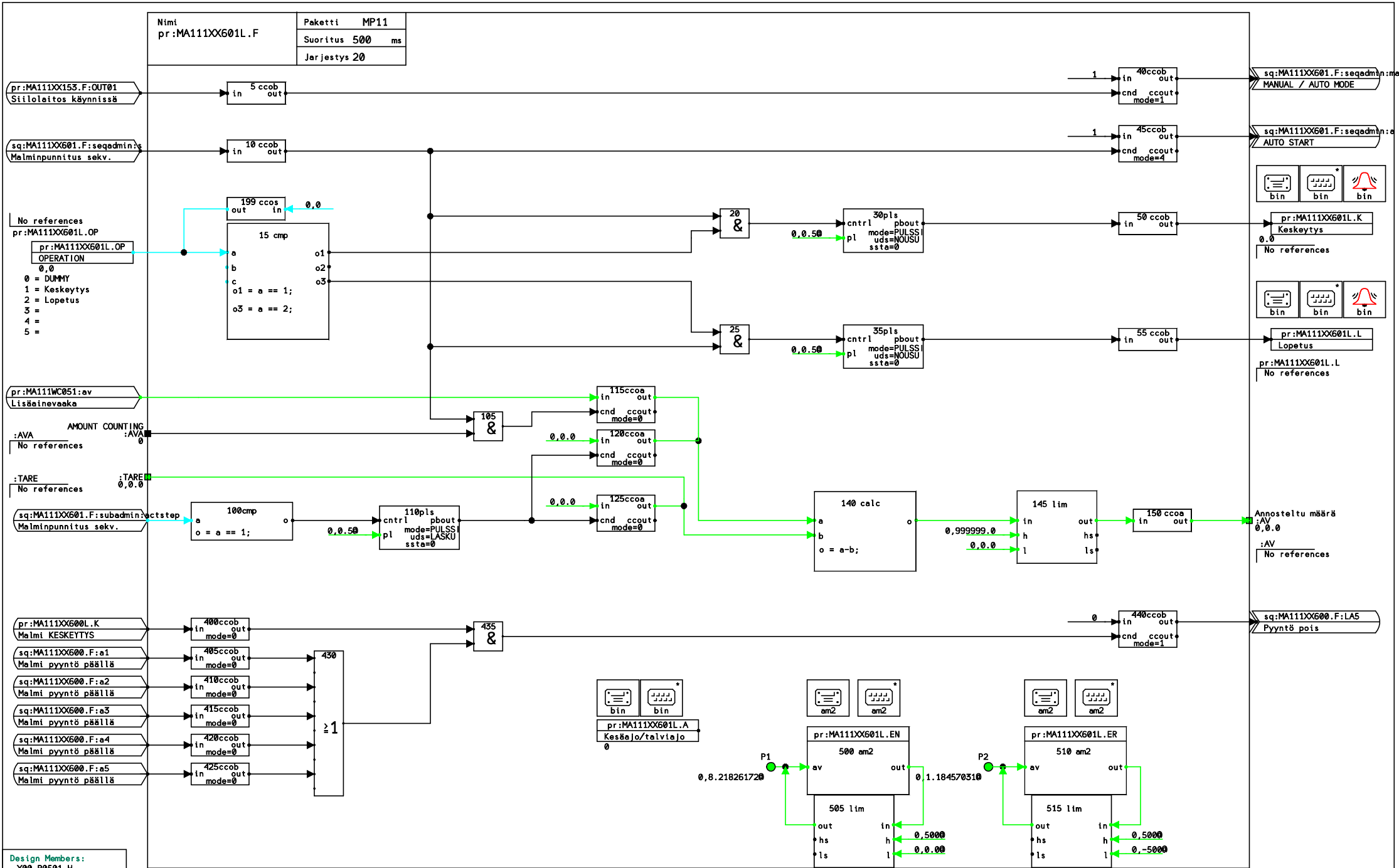
- 10
- 20
- 30
- 40
- 50
- 60
- 70
- 80
- 90
- 100
- 110
- 120
- 130
- 140
- 150
- 160
- 170
- 180
- 190
- 200
- 210
- 220
- 230
- 240
- 250
- 260
- 270
- 280
- 290
- 300
- 310
- 320

sq:MA11100650.F:subadmin/step
Malmi/punnitus_oikee

- 1 = MalmiA
- 2 = MalmiB
- 3 = MalmiC
- 4 = MalmiD
- 5 = MalmiE

- 1 = MalmiA
- 2 = MalmiB
- 3 = MalmiC
- 4 = MalmiD
- 5 = MalmiE

Liite 8. Sekvenssi (sivu 1/12)



Planner
04-11-24 10:28
Modification
11-02-09 13:46

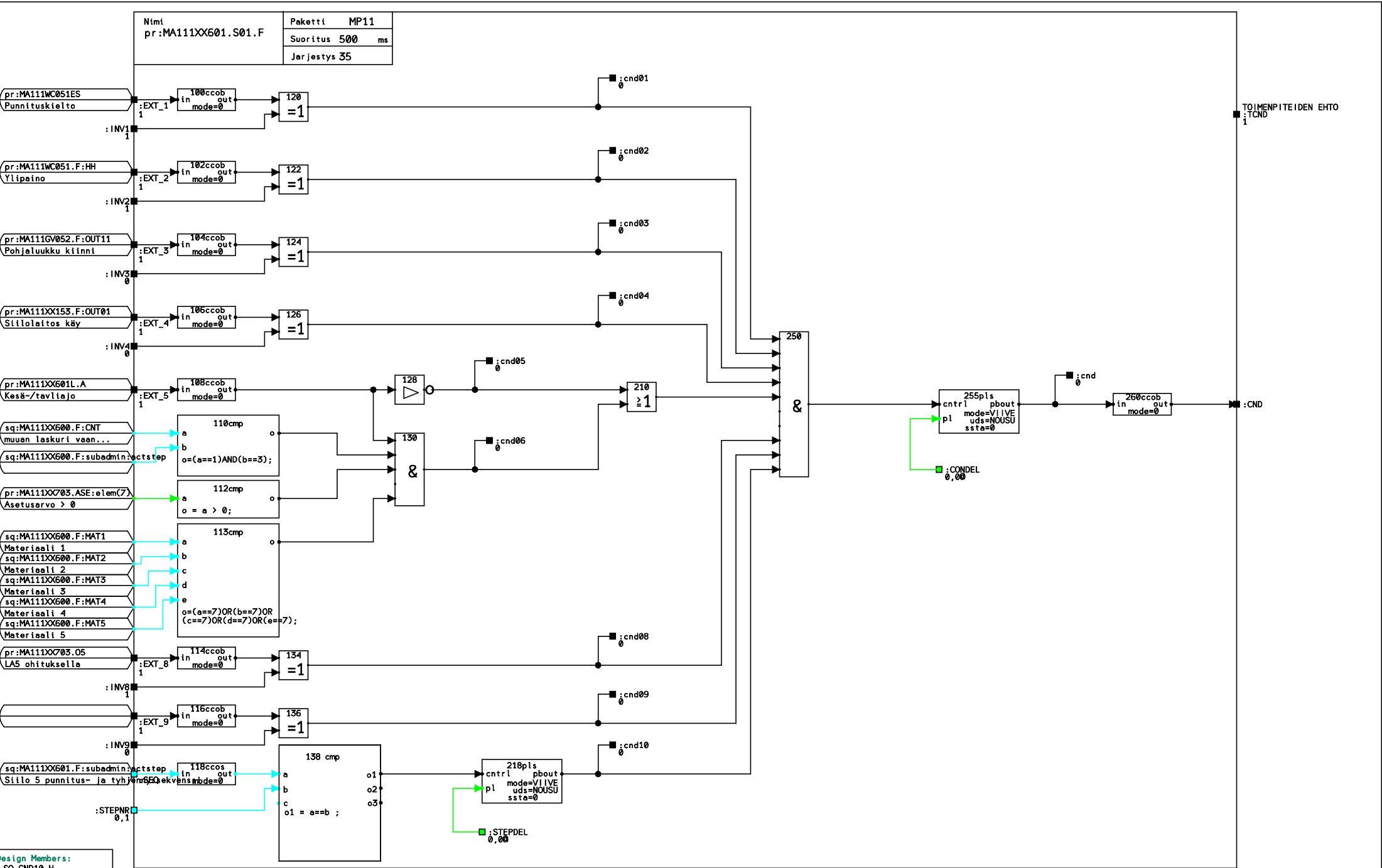
Customer
X00_R0501_H
aps

Department Masuuni 1
Siilolaitos

Tag
MA111XX601L

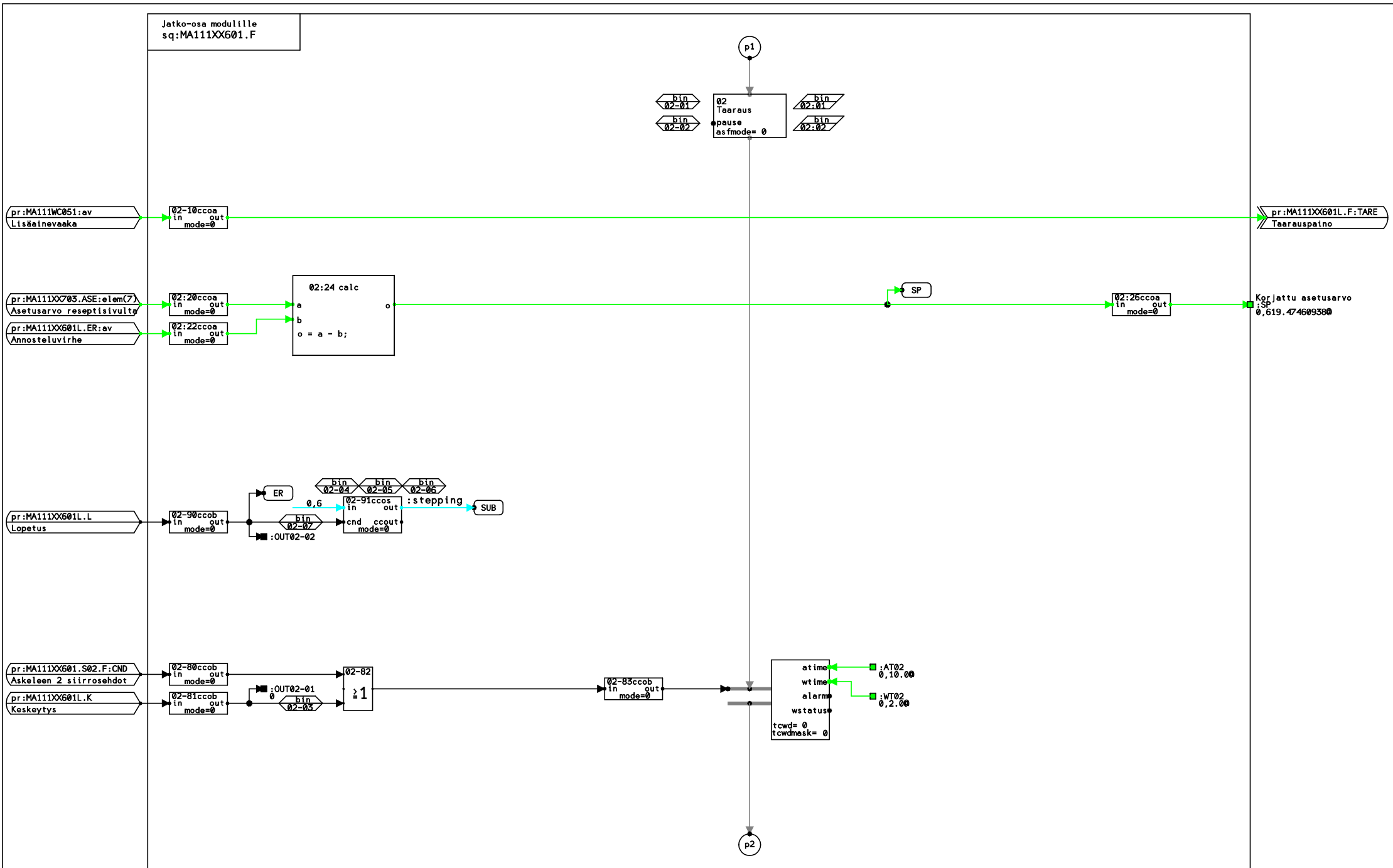
Loop name
Siilo 5 punnitus ja
tyhjennys, vasen

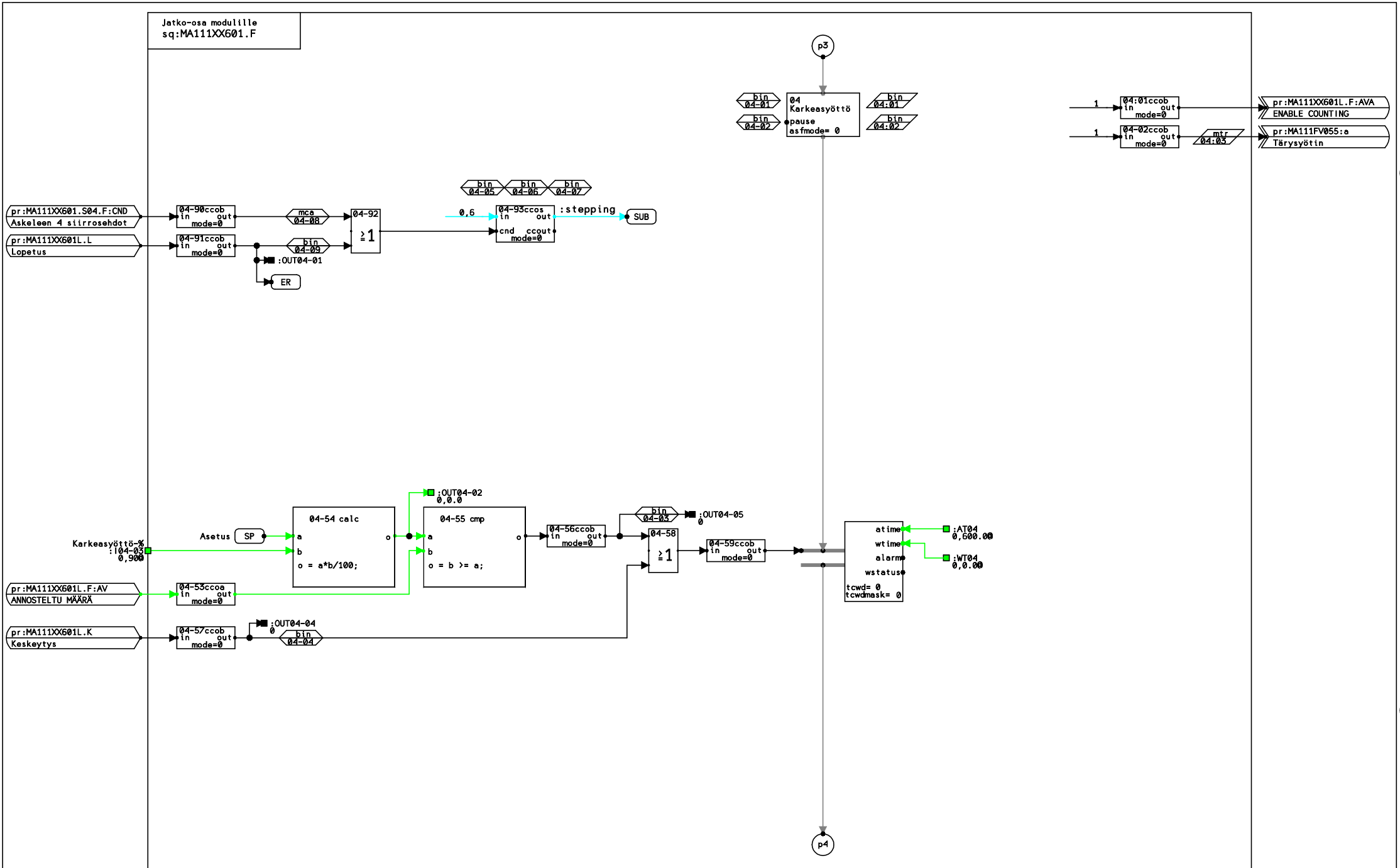
Liite 8. Sekvenssi (sivu 2/12)

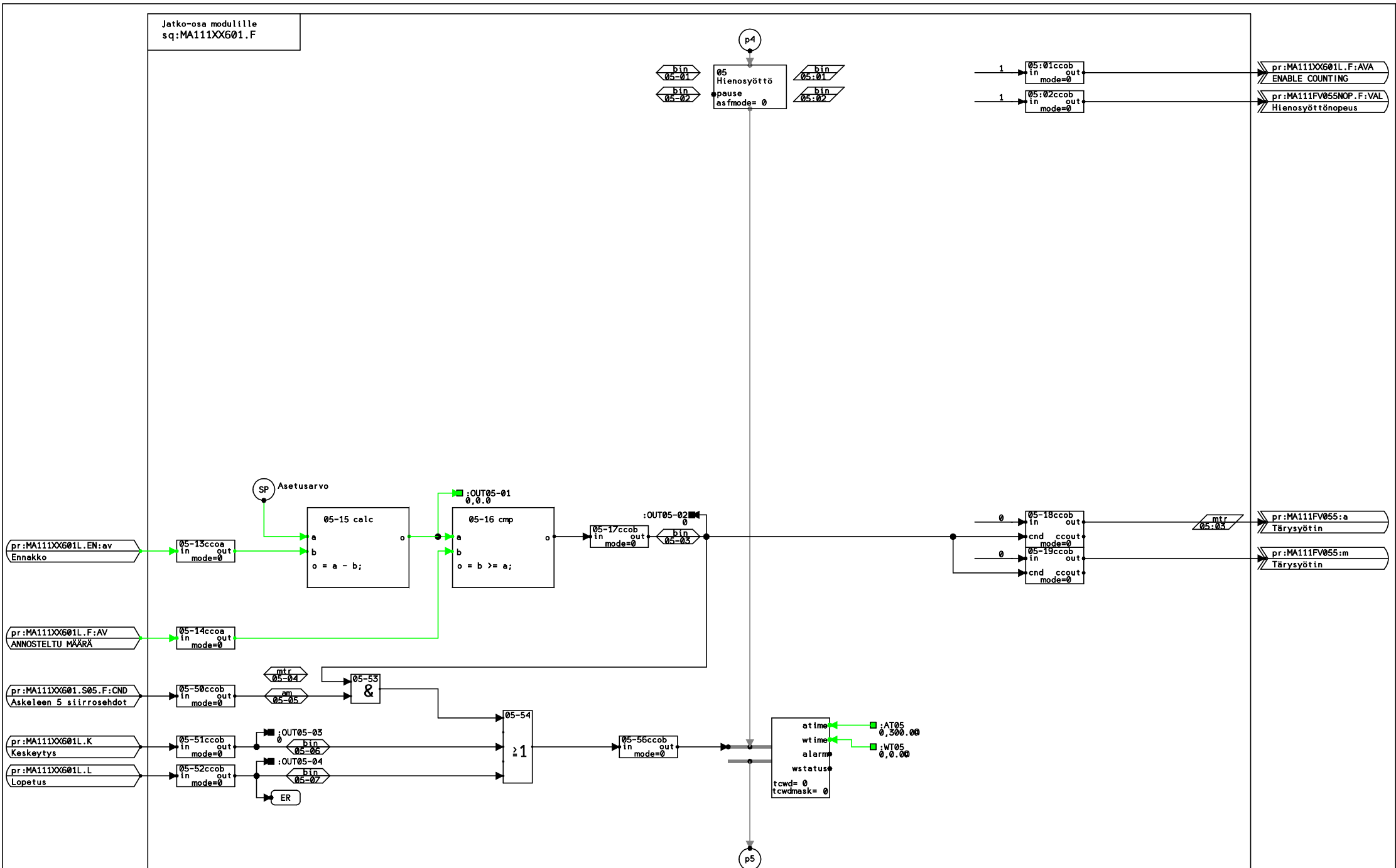


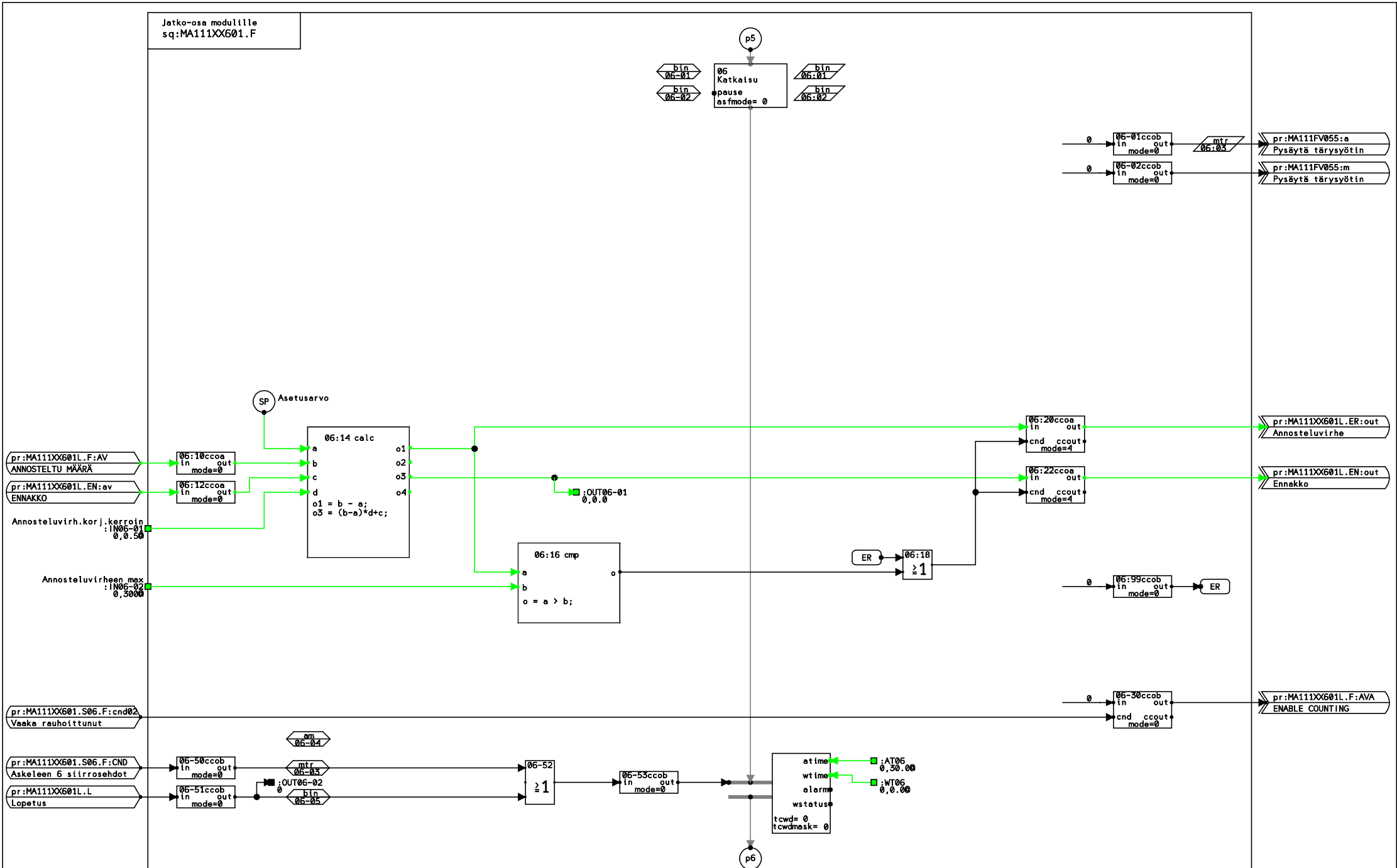
Design Members: SQ_CND10_H
 Application version: TRESLIB 1.0
 Module version: 1.0

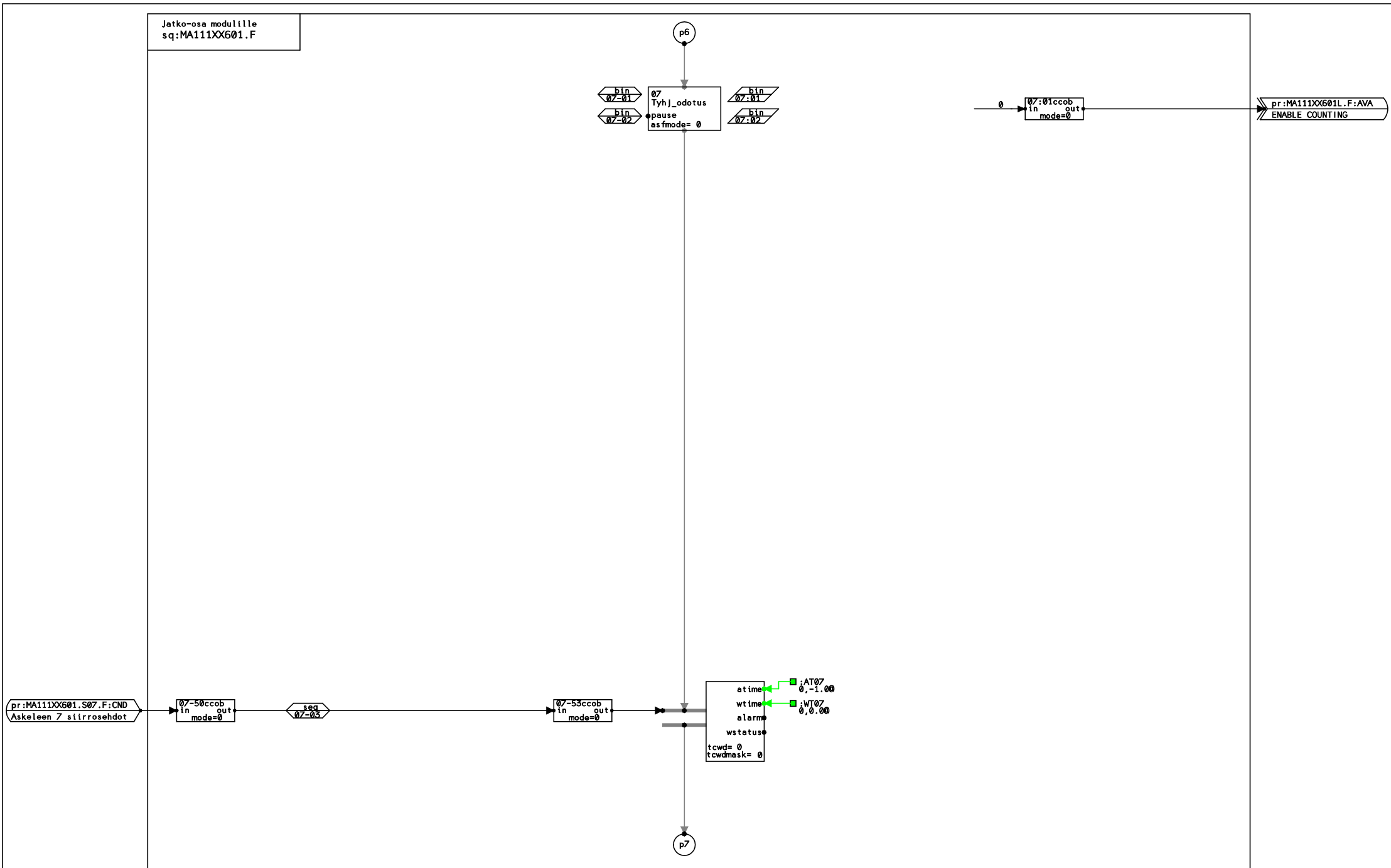
Liite 8. Sekvenssi (sivu 4/12)



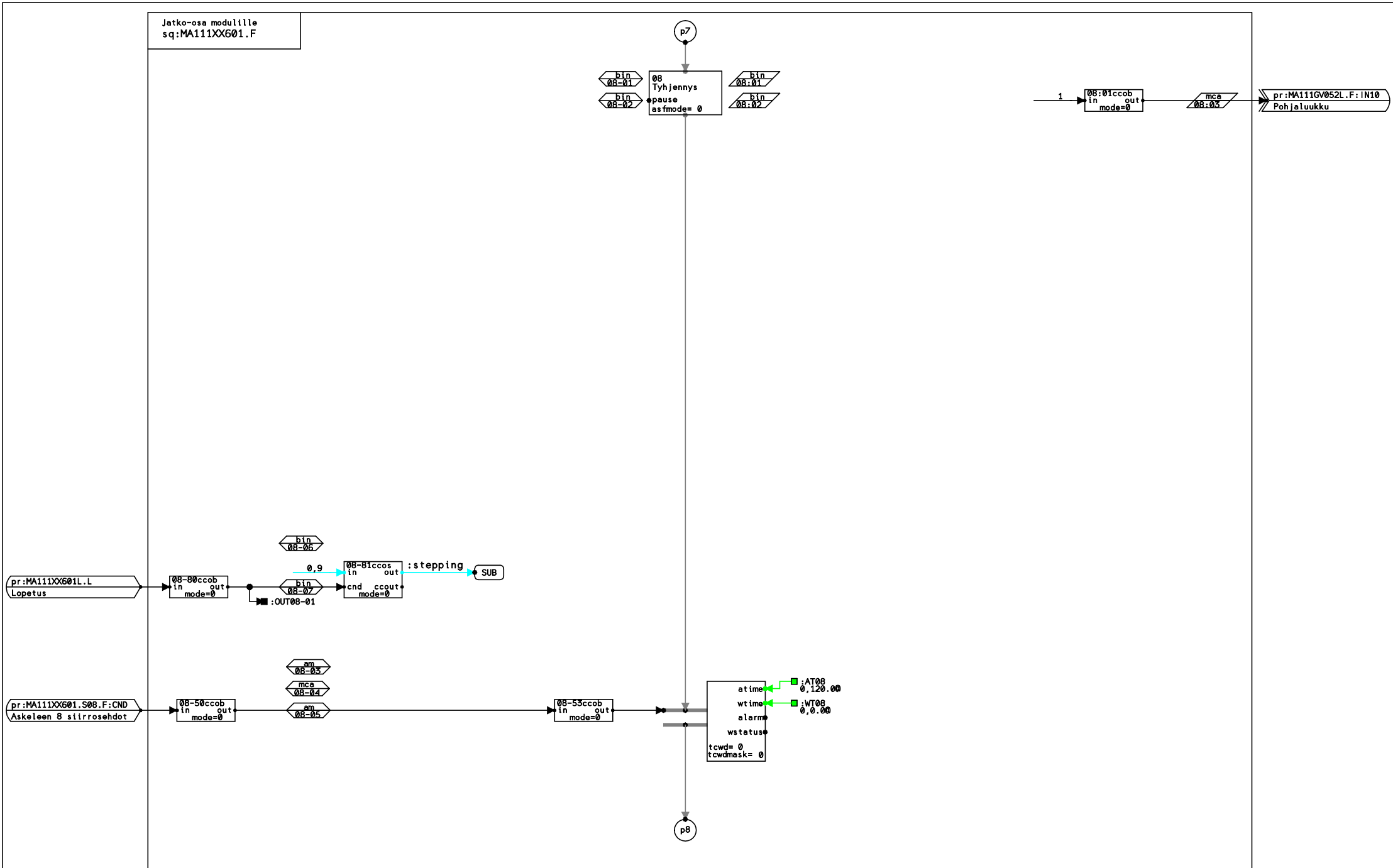


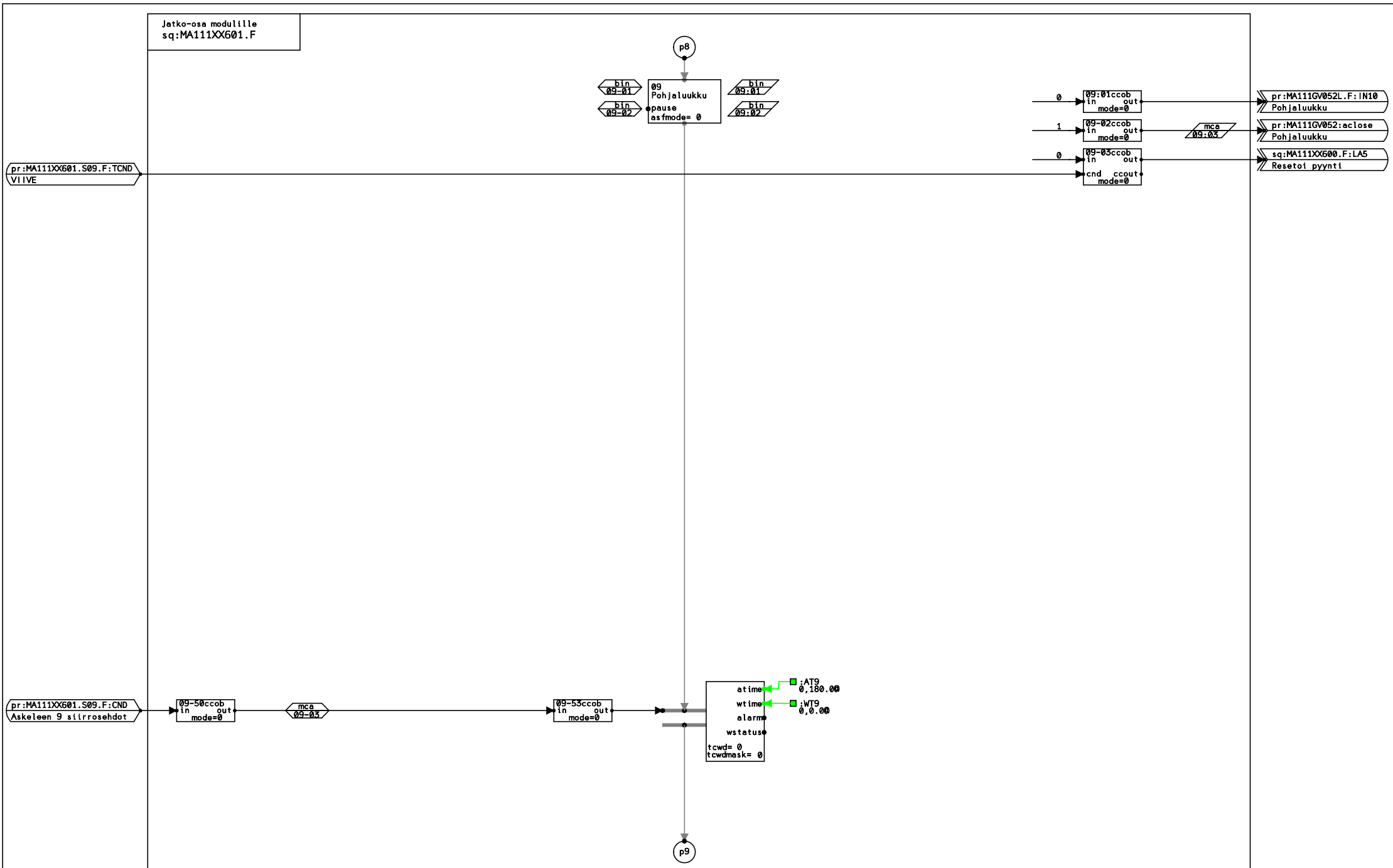






Liite 8. Sekvenssi (sivu 10/12)





Liite 8. Sekvenssi (sivu 12/12)

Jatko-osa modulille
sq:MA111XX601.F

p9

0 → 10:01ccob
in out
mode=0

pr:MA111FV055NOP.F:VAL
Kerkeesyötönnopeus

10
Lopetus
pause
asfmode= 0